

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada:

Doc. dr. sc. Aleksandar Sušić

Marko Šimonek

Zagreb, 2010.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Marko Šimonek

Zagreb, 2010.

Tekst zadatka

Sažetak rada

U ovom je radu opisan konceptualni razvoj sprave za jačanje mišićne grupe latissimus dorsi. Da bi se pristupilo razvoju bilo je potrebno istražiti područja koja su direktno povezana sa ovakvom vrstom sprave.

Prvi korak u istraživanju područja na koji je sprava primjenjiva je shvatiti potrebu, ulogu i značaj mišićne grupe na koju se sprava primjenjuje. Taj dio obuhvaća općenitu anatomiju mišića i funkcionalnu anatomiju ciljane muskulature i popratnog lokomotornog aparata.

U daljem tijeku rada je dan pregled nekih od postojećih vježbi za jačanje mišićne grupe latissimus dorsi te je na kraju odabrana optimalna vježba na temelju koje se zasniva tehnička razrada sprave.

Nakon toga se provodi analiza pokreta ramenog kompleksa na koji m. latissimus dorsi djeluje, biomehanička analiza zavisnosti generiranog momenta u ramenom zglobu u odnosu na položaj ruke u odnosu na trup, te se eksperimentalno dolazi do trajektorije po kojoj se nadlaktica kreće tokom ciljanog pokreta definiranog na kraju poglavlja koje prikazuje vježbe za jačanje ove mišićne grupe.

Analiza tržišta i postojećih rješenja obuhvaća pregled postojećih patenata u domeni ovog rada, pregled postojećih sprava u slobodnoj prodaji i fitness centrima, te definiranje pojma izokinetike.

Nakon provedene kompletne inicijalne analize popunjava se tehnički upitnik, definiraju se ciljevi, problem i očekivanja i daju se smjernice za dalji razvoj.

Nakon definiranja cilja, problema i određivanja smjernica daljeg razvoja na red dolazi osmišljavanje podsustava koje sprava mora imati i tehničkih rješenja koja će pod sustavima omogućiti ispravan rad. Drugim riječima, funkcijsko modeliranje proizvoda i morfološka matrica koja iz toga proizlazi.

Odabiranjem rješenja iz morfološke matrice za pojedine pod sustave se dolazi do tri potencijalna koncepta od kojih je svaki opisno predstavljen. Nakon toga slijedi odabir najboljeg koncepta, koji zadovoljava kriterije zahtjeva iz smjernica razvoja.

Na kraju se kroz detaljno opisivanje odabranog koncepta, dio po dio po podsustavima sprave, prezentira konceptualno rješenje sprave za jačanje mišićne grupe latissimus dorsi. Konceptualno je rješenje slikovno potkrepljeno detaljnim prikazima dijelova sustava sprave.

Sadržaj

Tekst zadatka	I
Sažetak rada	II
Sadržaj	III
Popis slika	V
Popis tablica	VII
Popis oznaka i mjernih jedinica fizikalnih veličina	VIII
1. UVOD	1
2. M. LATISSIMUS DORSI	2
2.1 Potreba, uloga i značaj latissimusa	2
2.2 ANATOMIJA	4
2.2.1 Skeletni mišić	4
2.2.2 Funkcijska podjela skeletnih mišića	5
2.2.3 Rameni kompleks	6
2.2.4 M. latissimus dorsi	8
2.2.5 Anatomija u pokretu – Zgib	10
3. PRINCIPI I TEHNOLOGIJE VJEŽBANJA LATISSIMUS GRUPE	11
3.1 Pregled i opis vježbi	12
3.2 Odabir najpovoljnije vježbe	24
4. NAČELA BIOMEHANIKE SUSTAVA RAMENOG ZGLOBA	25
4.1 Pregled pokreta u ramenom zglobo	26
4.2 Shematski prikaz i biomehanička analiza	31
4.3 Trajektorija nadlaktice	36
5. ANALIZA TRŽIŠTA I POSTOJEĆIH RJEŠENJA	38
5.1 Patenti	38
5.1.1 US Patent US 2007/0293377 A1 Uređaj za jačanje m. latissimus dorsi sa samopodešavajućim rotirajućim osloncem	38
5.1.2 US Patent 4,691,916 Sprava sa klizačem	39
5.1.3 US Patent 4,757,991 Izolacijska sprava za jačanje m. latissimus dorsi	39
5.1.4 US Patent 5,373,504 Sprava za vježbu 'povlačenje iza vrata'	41
5.1.5 US Patent US 6,764,378 B2 Sprava na povlačenje za treniranje m. latissimus dorsi	42
5.2 Sprave za vježbanje u fitnes centrima	43
5.3 Izokinetički dinamometri	45
6. TEHNIČKI UPITNIK I DEFINICIJA PROBLEMA	46
6.1 Tehnički upitnik za definiranje cilja razvoja proizvoda	46
6.2 Definicija cilja za razvoj proizvoda	48
6.3 Smjernice daljeg razvoja	49
7. FUNKCIJSKO MODELIRANJE PROIZVODA: UREĐAJ ZA JAČANJEMIŠIĆNE GRUPE M. LATISSIMUS DORSI	50
Modeliranje funkcija pomoću toka	50
8. MORFOLOŠKA MATRICA	51
9. Koncepti	55
9.1 Koncept 1	55
9.2 Koncept 2	57
9.3 Koncept 3	59
9.4 Odabrani koncept	61
9.4.1 Sjedalo	61
9.4.2 Sustav prijenosa opterećenja	66

9.4.3	„Konvejer“	74
9.4.4	Konačan izgled konceptualnog rješenja	77
10.	Zaključak.....	80
Literatura	81

Popis slika

Slika 2.1 Rad m. teres major i m. latissimus dorsi	2
Slika 2.2 M. latissimus dorsi i m. teres major kod primata	3
Slika 2.3 Rameni kompleks.....	6
Slika 2.4 Mišići leđa	8
Slika 2.5 Mišići leđa koji uz m. latissimus dorsi sudjeluju u zgibovima.....	10
Slika 3.1 Zgibovi dlanovima prema naprijed, široki hvat.....	13
Slika 3.2 Zgibovi iza glave	14
Slika 3.3: a) Posljedica zgibova iza glave, širok hvat; b) Posljedica zgibovi ispred glave, laktovi izbačeni prema natrag	14
Slika 3.4 Zgibovi dlanovima prema nazad, normalan hvat	15
Slika 3.5 Povlačenje na lat spravi ispred glave, široki hvat.....	16
Slika 3.6 Varijacija izvođenja vježbe, dlanovi okrenuti jedan prema drugome	17
Slika 3.7 Povlačenje na lat spravi ispred glave, uski hvat.....	17
Slika 3.8 Kraj izvođenja pokreta uskim hvatom	17
Slika 3.9 Povlačenje na lat spravi iza glave.....	18
Slika 3.10 Povlačenje na lat spravi sa ispruženim rukama	19
Slika 3.11 Ostale mišićne grupe uključene u pokret.....	19
Slika 3.12 Početak i kraj vježbe	19
Slika 3.13. Veslanje u fiksiranom sjedećem položaju	20
Slika 3.14 Početak i kraj zaveslaja	21
Slika 3.15 Jednoručno veslanje bučicom s oslonom na ravnu klupu, početak pokreta	21
Slika 3.16 Jednoručno veslanje bučicom s oslonom na ravnu klupu, kraj pokreta.....	22
Slika 3.17 Veslanje u pretklonu sa šipkom	22
Slika 3.18 T – šipka	23
Slika 4.1 skapularna retrakcija	26
Slika 4.2 Skapularna protrakcija.....	26
Slika 4.3 Skapularna elevacija	27
Slika 4.4 Skapularna depresija.....	27
Slika 4.5 Abdukcija ruke.....	28
Slika 4.6 Addukcija ruke.....	28
Slika 4.7 Fleksija ruke	29
Slika 4.8 Ekstenzija ruke	29
Slika 4.9 Medijalna i lateralna rotacija ruke	30
Slika 4.10 Cirkumdukcija ruke.....	30
Slika 4.11 Shematski prikaz m.latissimus dorsi, zglobova ramena i poluga uključenih u pokret (LD – m. latissimus dorsi; SC – sternoklavikularni zglobovi; AC – akromioklavikularni zglobovi; GH – glenohumeralni zglobovi).....	31
Slika 4.12 Shematski prikaz addukcije: položaj humerusa veći od 90° u odnosu na položaj uz trup	32
Slika 4.13 shematski prikaz addukcije: položaj humerusa približno 90° u odnosu na položaj uz trup	33
Slika 4.14 Shematski prikaz addukcije: položaj humerusa manji od 90° u odnosu na položaj uz trup u trenutku kad se krak djelovanja mišića i udaljenost hvatišta od zgloba izjednače	34
Slika 4.15 Krivulja jakosti ramenog zgloba	35
Slika 4.16 Trajektorija točke nadlaktice sa vrijednostima koje opisuje u određenom položaju ruke u odnosu na trup	36
Slika 4.17 Udaljavanje iste točke nadlaktice od središta rotacije u SC zglobovi.....	37
Slika 5.1 US Patent US 2007/0293377 A1 uređaj za jačanje m. latissimus dorsi sa samopodešavajućim rotirajućim osloncem.....	38
Slika 5.1 a) Položaj na početku vježbe;.....	38

Slika 5.1 b) Položaj na kraju vježbe	38
Slika 5.3 US Patent 4,691,916 Sprava sa klizačem;	39
Slika 5.4 Detalj klizača	39
Slika 5.5 US Patent 4,757,991 – izolacijska sprava za jačanje m. latissimus dorsi – izometrijski prikaz.....	40
Slika 5.6 US Patent 4,757,991 – izolacijska sprava za jačanje m. latissimus dorsi – nacrt.....	40
Slika 5.7 US Patent 5,373,504 Sprava za vježbu 'povlačenje iza vrata'	41
Slika 5.8 US Patent US 6,764,378 B2 – Sprava na povlačenje za treniranje m. latissimus dorsi	42
Slika 5.9 Lat sprave za povlačenje.....	43
Slika 5.10 Sprave za veslanje i za ekstenziju nadlaktice	43
Slika 5.11 „Behind neck“ izolacijska sprava	44
Slika 5.12 Izokinetički dinamometar – abdukcija, addukcija	45
Slika 5.13 Izokinetički dinamometar – fleksija, ekstenzija.....	45
Slika 7.1 Funkcijska struktura uređaja.....	50
Slika 9.1 Konceptualni model sjedala.....	61
Slika 9.2 Skica sjedala i smjerova podešavanja	62
Slika 9.3 Detalj podešavanja naslona po visini.....	62
Slika 9.4 Skica oslonca za noge	63
Slika 9.5 Detalj podešavanja nagiba naslona	63
Slika 9.6 Detalj podešavanja nagiba oslonca za noge	63
Slika 9.7 Skica nosača koji omogućuje zakret polugu naslona i oslonca za noge	64
Slika 9.8 Postolje sjedala	64
Slika 9.9 Postolje, cilindar i mehanizam sa ručicom	65
Slika 9.10 Sustav za fiksaciju trupa.....	65
Slika 9.11 sustav prijenosa opterećenja	66
Slika 9.12 Kavezna nosiva konstrukcija	67
Slika 9.13 Skica smještaja ležajnog mjesta u kaveznoj konstrukciji	67
Slika 9.14 Kotačići na kaveznoj konstrukciji	68
Slika 9.15 Ručke na kaveznoj konstrukciji	68
Slika 9.16 Skica rješenja opterećenja obje ruke jednim izvorom opterećenja.....	69
Slika 9.17 Zupčanici, zupčasta letva i poluge za prijenos opterećenja	70
Slika 9.18 Zupčasta letva.....	70
Slika 9.19 Zupčasta letva: detalj spajanja	70
Slika 9.20 Poluga za prijenos opterećenja	71
Slika 9.21 Skica zamisli uležištenja zupčanika i spoja sa polugom za prijenos opterećenja	72
Slika 9.22 Konceptualno rješenje spoja poluge za prijenos opterećenja na zupčanic.....	72
Slika 9.23 Graničnik amplitde pokreta i utori u koje se smješta	73
Slika 9.24 Konvejer	74
Slika 9.25 Konvejer bez tekstilne trake	75
Slika 9.26 Konvejer, pogled odozdo.....	76
Slika 9.27 Shematski prikaz smjera zatezanja čeličnog užeta.....	76
Slika 9.28. Konačan izgled sprave: izometrijski prikaz od naprijed	77
9.29 Konačan izgled sprave: izometrijski prikaz od iza	77
Slika 9.30 Pogled odozgo	78
Slika 9.31 Pogled odozdo	78
Slika 9.31 Pogled sastrane	79
Slika 9.32 Pogled od naprijed	79
Slika 9.33 Pogled od iza	79

Popis tablica

Tablica 8.1 Prihvat čovjeka omogućiti	51
Tablica 8.2 prihvat nadlaktice omogućiti	51
Tablica 8.3 Prilagođavanje antropometriji korisnika omogućiti	52
Tablica 8.4 Fiksiranje trupa omogućiti	52
Tablica 8.5 Pravilan početni položaj ruke ostvariti	53
Tablica 8.6 Silu opterećenja na ruku dovesti	53
Tablica 8.7 Promjenjivu silu opterećenja ostvariti	53
Tablica 8.8 Amplitudu pokreta regulirati	54
Tablica 8.9 Pravilnu putanju omogućiti	54
Tablica 9.1 Koncept 1: odabrana rješenja iz morfološke matrice	56
Tablica 9.2 Koncept 2: odabrana rješenja iz morfološke matrice	58
Tablica 9.3 Koncept 3: odabrana rješenja iz morfološke matrice	60

Popis oznaka i mjernih jedinica fizikalnih veličina

<i>AC</i>	- akromioklavikularni zglob	
<i>d</i>	- krak djelovanja rezultante oko GH zgloba	mm
<i>GH</i>	- glenohumeralni zglob	
<i>l</i>	- udaljenost hvatišta mišića od GH zgloba	mm
<i>LD</i>	- m. latissimus dorsi	
<i>M</i>	- moment	Nm
<i>R</i>	- rezultanta	N
<i>SC</i>	- sternoklavikularni zglob	
φ	- kut	°

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno služeći se stečenim znanjem i dostupnom literaturom.

Zahvala:

Zahvaljujem mentoru, docentu dr. sc. Aleksandru Sušiću na velikoj podršci, stručnom vodstvu tijekom izrade rada te mnogim korisnim idejama i savjetima.

Zahvaljujem dragoj prijateljici dr.sc. Martini Čanaki na pomoći pri nalaženju literature, te kolegama i prijateljima na uvijek dostupnim savjetima i pomoći.

Od srca zahvaljujem svojim roditeljima, sestri, bratu i djevojci što su mi omogućili da završim željeni studij te na njihovom strpljenju i podršci na svakom koraku.

1. UVOD

Osim što podržava kralježnicu, mišićna grupa latissimus dorsi u tijelu ima veliku ulogu. Kako bi tu ulogu izvršavala što bolje bitno je osigurati visoku razinu njene funkcionalnosti. Budući da je prirodna sinergija mišićnih grupa neizbježna, potrebno je osmisliti spravu koja će koliko je to moguće pri vježbanju smanjiti utjecaj ostalih mišićnih grupa kod kojih ranije dolazi do zasićenja, te koje stoga smanjuju kapacitet rada latissimusa. Tj. konstrukcijom sprave je potrebno izolirati rad m. latissimus dorsi iz sinergije sa ostalim grupama i njenu aktivnost u odnosu na ostale mišićne grupe s kojima je u sinergiji dovesti do krajnje mjere.

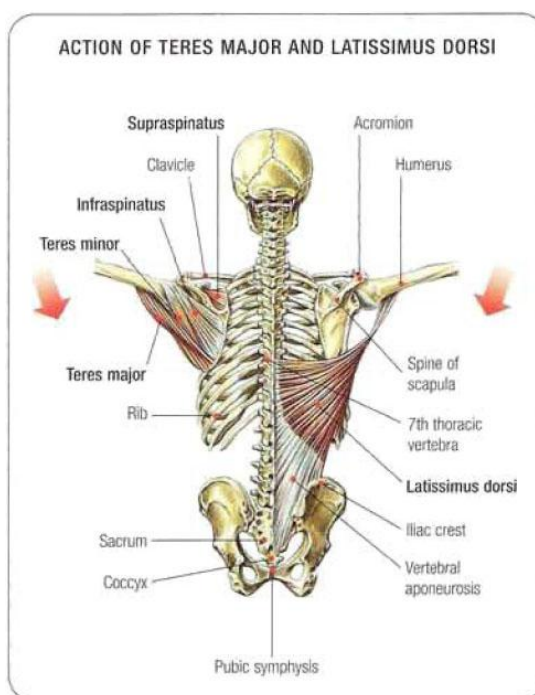
Sklad mišićne mase je kao otisak prsta. Postoje mnogi stereotipi vježbi i sprava koji se primjenjuju za razne mišićne grupe. Ti stereotipi mogu narušavati sklad mišićne mase. Da u tijelu ne dođe do neravnoteže, stereotipe treba individualizirati. Nekome je m. latissimus dorsi prirodno razvijen, dok nekome nije. Zato je potrebna sprava koja bi na jednostavan način individui omogućila ponovno uspostavljanje sklada mišićne mase, tj. u opsegu rada, sklada mišićne grupe latissimus dorsi.

2. M. LATISSIMUS DORSI

2.1 Potreba, uloga i značaj latissimusa

Ako govorimo o primjeni ovog mišića, tj. o pokretima koje omogućuje ljudskom tijelu gledano iz perspektive njegovog ishodišta na dnu leđa kod slabinskog dijela kralježnice i kod vršnog dijela zdjelice, m. latissimus dorsi uz m. teres major ima velik utjecaj na rameni zglob. Pokreti kojima zajedno sa m. teres major utječe na rame su *adukcija* – pokret koji ruku privlači sagitalnoj ravnini tijela (privlačenje ruke trupu) (slika 2.1), *ekstenzija ramena* – odmicanje ruke od trupa naprijed/nazad u sagitalnoj ravnini, te *unutarnja rotacija ramena* – nadlaktica medijalno rotira (pokret pri bacanju). Ako zamislimo igrača golfa kod čije su igre sva od ova tri pokreta prisutna, tenisača, veslača ili bacača diska, kladiva ili koplja, možemo zamisliti golem utjecaj ovog mišića [1].

Također, m. latissimus dorsi pri penjanju podiže trup, uzrokuje pokrete potrebne za cjepanje drva, posebno je bitan pri plivanju, pogotovo slobodnim stilom. On nadlakticu vuče prema dolje, a djelomično i natrag i rotira je prema unutra (pokret vađenja rupčića iz džepa na hlačama). Istodobno spušta rame i nadlakticu i vuče ih prema natrag. Ako je ruka podignuta u stranu ili prema naprijed, njegovo je djelovanje vrlo snažno (npr. udar sjekirom) [2].



Slika 2.1 Rad m. teres major i m. latissimus dorsi

Ako je uporište mišića na nadlaktičnoj kosti, m. latissimus dorsi podiže rebra i djeluje kao pomoćni udisač. Međutim, ako su ruke aducirane i učvršćene, vanjski dijelovi, mišića pritišću posljednja četiri rebra i djeluju kao snažni ekspiratori (npr. pri kašljanju) [2]. Također, iz te bi perspektive pokret koji bi m. latissimus dorsi izazvao bio lateralno savijanje trupa, te anteriorni i lateralni pomak zdjelice.

Efekti koje ima oslabljeni m. latissimus dorsi direktno utječu na sve njegove ranije navedene funkcije i na kvalitetu izvedbe njegove primjene u praksi. Previše ojačan, što se može dogoditi kod profesionalnih plivača, može ograničavati opseg pokreta ramenog zgloba. Također, previše ojačan može pojačati torikalnu kifoza [3].

Kako je rečeno ranije u uvodu, m. latissimus dorsi svoje funkcije obavlja isključivo u sinergiji sa još nekim mišićnim grupama. Npr. u sinergiji sa m. erector spinae, *dubokim leđnim mišićem* stabilizira, podiže i učvršćuje kralježnicu. Sa m. pectoralis major čini mišićnu grupu *Axiohumeralnih* mišića koji u odnosu na ostale mišiće ramenog kompleksa ne čine ništa novoga, ali osim lateralne rotacije, sve pokrete u ramenu bitno ojačavaju. Također su iznimno bitni pri stabilizaciji ramenog kompleksa kod *depresije ramena*, koja se događa kad su gornji ekstremiteti ti koji podnose teret veći od predviđenog – npr. hodanje pomoću invalidskih štaka ili kod starijih ljudi opterećenje ramena pri podizanju iz stolice, fotelje ili kreveta, pridržavanje pri izlasku iz auta, itd [3].

Evolucijska teorija:

Izvorno su teres major i latissimus dorsi kod naših daljih evolucijskih *predaka* (slika 2.2) sudjelovali u hodu na sva četiri uda. Uglavnom su služili kao potisnici prednjih udova. Sa prelaskom na život na drvetu mišići specijalizirani za vertikalnu kretnju postaju snažniji. Kad su se naši *preci* spustili nazad na tlo, usvojili su hod na dvije noge ali su i dalje zadržali sposobnost penjanja po drveću. Iz tog razloga još uvijek imamo snažne leđne mišiće koji nam omogućuju da se podižemo, penjemo po drveću, zidovima, ljestvama itd.

Glavna razlika između našeg i primatovog lokomotornog sustava leži u razvoju naših donjih udova, koji su specijalizirani za hod na dvije noge. Naša prsa i gornji udovi imaju skoro jednaku strukturu i proporcije kao i kod majmuna. Suprotno od uobičajenog mišljenja, majmuni nemaju duge ruke već ljudi imaju duge noge spram majmuna [4].



Slika 2.2 M. latissimus dorsi i m. teres major kod primata

2.2 ANATOMIJA

Cjeline poglavlja koje slijedi trebaju približiti pojam „m. latissimus dorsi“ i njegov položaj i djelovanje na funkcionalno anatomske razine. Kako bi se to postiglo, prvo će biti riječi općenito o tome što je to skeletni mišić i kako se skeletni mišići dijele. Slijedi cjelina o ramenom kompleksu na koji m. latissimus dorsi djeluje u najvećoj mjeri. Nakon što se usvoje pojmovi tih cjelina, sam m. latissimus dorsi i kao pojam i kao skeletni mišić će biti razumljiviji.

2.2.1 Skeletni mišić

Skeletni mišić je tkivo koje posjeduje svojstvo pretvorbe kemijske energije u mehaničku. Ima tri osnovna parametra izvedbe koja opisuju njegovu funkciju: stvaranje momenta, stvaranje sile te izdržljivost. Stvaranje pokreta i sile je mehanički ishod sposobnosti skeletnog mišića da izvrši kontrakciju. Funkcionalna jedinica koja stvara pokret u zglobovima sastoji se od dvije cjeline – glave mišića i tetiva koje spajaju glavu skeletnog mišića na kost. Glava skeletnog mišića sastoji se od mišićnih vlakana i vezivnog tkiva koje mišićna vlakna drži na okupu. Vlakna skeletnog mišića su sastavljena od pojedinih miofibrila čije građevinske jedinice, bjelančevine miozina i aktina, imaju sposobnost podvlačenja jedni pod druge, te integriranjem njihovog podvlačenja dolazi do ukupne kontrakcije skeletnog mišića. Ova tvrdnja dovodi do zaključka da se duža vlakna mogu više skratiti. Također, vlačna sila koju mišić može proizvesti je funkcija broja međuveza između miozina i aktina, iz čega slijedi da mišić sa što većim poprečnim presjekom može generirati veću vlačnu silu. Prema tome je svaki skeletni mišić svojom građom i pozicijom specijaliziran za određeni opseg pokreta u zglobovima koji ostvaruje svojom kontrakcijom. Tako možemo reći da je glavna funkcija skeletnog mišića stvaranje kontrakcije iz koje slijedi stvaranje vlačne sile te stvaranje pokreta u zglobovima. Pasivni opseg pokreta zgloba ovisi o obliku dosjednih površina kostiju i okolnom mekanom tkivu. Nadalje, opseg pokreta zgloba također ovisi o sposobnosti mišića da povuče kost duž opsega pokreta koji je u samom zglobovima moguć. Tako zglob koji ima veći opseg pokreta iziskuje svoj skeletni mišić koji takav pokret može ostvariti.

Ako je sila koju mišić generira veća od opterećenja koje savladava, mišić se skraćuje i savladava opterećenje, a kontrakcija koja se pri tome dešava se zove *koncentrična kontrakcija*. Obrnut slučaj, kada je mišićna sila manja od vanjskog opterećenja, mišić se izdužuje, a takva se vrsta kontrakcije naziva *ekscentrična kontrakcija*. Ako je mišićna sila jednaka vanjskom opterećenju, tj. nema niti produljivanja niti skraćivanja mišića, radi se o *izometričkoj kontrakciji*. Prilikom pravilnog izvođenja vježbe neprestano se izmjenjuju popuštanje opterećenju (ekscentrična kontrakcija) i savladavanje opterećenja (koncentrična kontrakcija).

Ranije je kroz pregled pokreta koje m. latissimus dorsi omogućuje definirana njegova uloga. Kako su ti pokreti isključivo vezani za kosti i rotaciju u zglobovima, m. latissimus dorsi je također skeletni mišić vezan za rameni kompleks kostiju i zglobova.

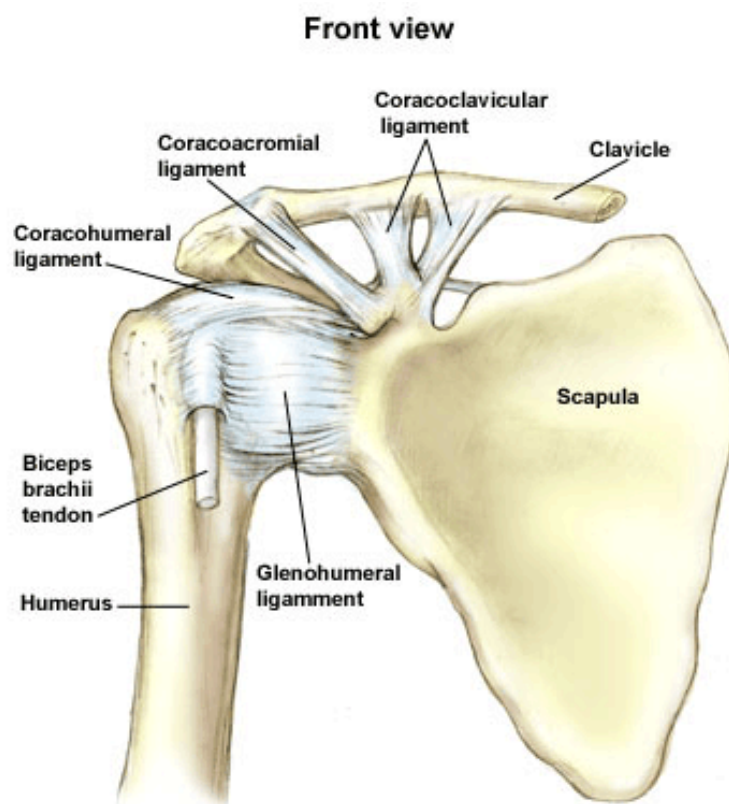
2.2.2 Funkcijska podjela skeletnih mišića

Obzirom na njihovu funkciju u pokretu, skeletne mišiće dijelimo na *agoniste*, *sinergiste*, *stabilizatore* i *antagoniste*. Uz tu podjelu također postoji tzv, topološka podjela mišića prema agonističkim skupinama koje određena vježba aktivira, npr. mišići leđa čiji je najveći mišić, m. latissimus dorsi predmet ovog rada. Agonisti su glavni pokretači. Oni su ona skupina mišića kojoj je glavna funkcija izvedba željenog pokreta (ili vježbe), odnosno podrška zauzetom stavu i položaju tijela. U okviru zadane teme to je naravno m. latissimus dorsi. Kako za ostvarivanje pokreta uz mišiće sudjeluju i zglobovi sustavi, utjecaj i funkcija ostalih mišićnih skupina također dolazi do izražaja. Uz agoniste, slijedeći navedeni su sinergisti. To su mišići koji svojim dinamičnim djelovanjem pomažu agonistima u izvedbi definiranog pokreta. Stabilizatori ili fiksatori ne proizvode pokret, već svojim izometričkim djelovanjem stabiliziraju tijelo ili njegove dijelove te tako omogućuju i agonistima i sinergistima izvedbu pokreta. Na kraju, ništa manje važni, antagonisti, su mišićne grupe koje djeluju suprotno od smjera djelovanja agonista. Iako generiraju silu suprotnu od smjera željenog pokreta, u sam su pokret uključeni upravo kao stabilizatori zglobova koji sudjeluju pri izvođenju pokreta, te mišići koji na kraju koncentrične faze zaustavljaju pokret. U protivnom bi došlo do ozljeda agonista. Svaka je mišićna grupa pri različitim pokretima i agonist i sinergist i stabilizator i antagonist.

2.2.3 Rameni kompleks

U ljudskoj anatomiji zglob ramena obuhvaća dio tijela gdje se nadlaktična kost spaja na ramenu lopaticu. Sam rameni kompleks (u daljnjem tekstu „rame“) prikazan na slici 2.3 se sastoji od grupe kostiju, zglobova, mišića, pridruženih ligamenata i tetiva. Tri kosti koje čine rame su klavikula (ključna kost), skapula (ramena lopatica) i humerus (nadalaktica).

U ramenu postoje dva tipa hrskavice. Prvi tip je *bijela hrskavica* na krajevima kostiju (zglobna hrskavica) koja omogućuje da kosti kliču i pomiču se jedne preko drugih. Kada se ovaj tip hrskavice počne trošiti (bolest znana kao artritis) zglob postaje bolan i krut. Druga vrsta hrskavice, *labrum*, je daleko drugačija od bijele hrskavice. Ova je hrskavica više vlaknasta i kruća nego ona na krajevima kostiju i u zglobnim čašicama.



Slika 2.3 Rameni kompleks

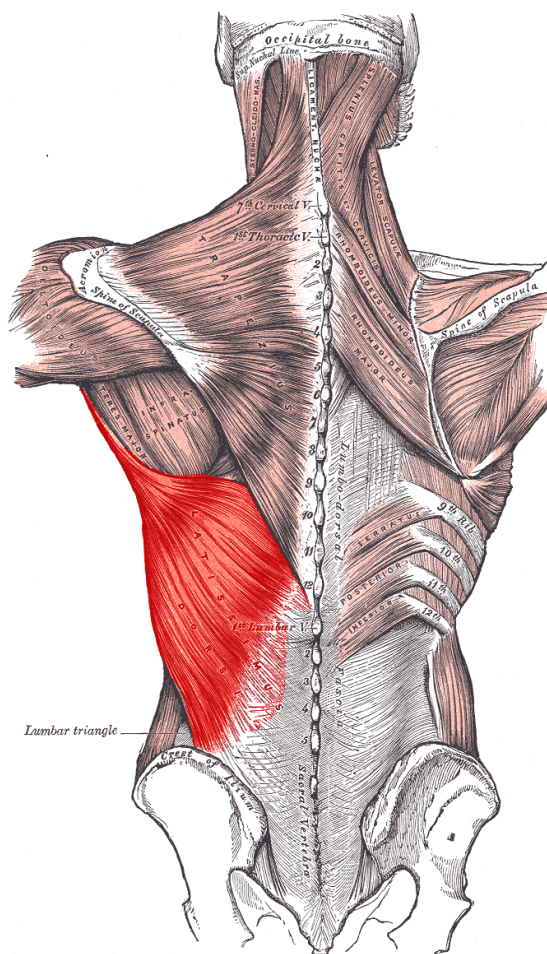
Zbog širokog opsega pokreta koji ruke zahtjevaju, rame mora biti fleksibilno te dovoljno jako da omogući radnje poput podizanja, guranja i vučenja. Posljedice ovih radnji su česti problemi sa ramenom, poput pucanja ligamenata, iščašivanja ramena, depresija ramena i drugi.

Tri su zglobova koja čine rame: glenohumeralni, *akromioklavikularni*, te *sternoklavikularni* zglob.

- Glenohumeralni, ili „glavni“ rameni zglob [5] je zglob koji ima glavu i čašicu koji ruci omogućuje cirkularnu rotaciju i odmicanje od tjela. Ime je dobio po hrskavičnim površinama humerusa i glenoidne udubine na lopatici koje klizeći jedna po drugoj čine zglob.
- Akromioklavikularni zglob se nalazi na vrhu ramena. On je spoj između akromiona (dio ključne kosti koji čini vrh ramena) i klavikule. Akromionoklavikularni zglob omogućuje podizanje ruke preko glave, te u globalu veći stupanj slobode rotacije ruke [5].
- Sternoklavikularni zglob je sinovijalni sedleni zglob sastavljen od dva djela razdvojena hrskavičnim diskom. Dijelovi koji čine ovaj zglob su krajevi ključne kosti sa strane prsne kosti, gornji i lateralni dio manubriuma (gornji trokutasti dio prsne kosti), te hrskavica prvog rebra. Sternoklavikularni zglob omogućuje pomak klavikule, uglavnom u anteroposterioroj i vertikalnoj ravnini.

2.2.4 M. latissimus dorsi

Latissimus dorsi (na slici 2.4 prikazan u crvenom tonu) je jedan od naših najvećih leđnih mišića. Oblika je lepeze, a usidren je na nastavke šest donjih grudnih (torikalnih) kralježaka, na nastavke slabinskih kralježaka te donjem dijelu zdjelice kosti. Pokriva stražnju i bočnu stjenku prsnog koša kao i donji kut lopatice. Gornji dio prolazi ispod m. teres major i m. trapezius, a hvatište mu je na rubu intertubekularne udubine nadlaktične kosti. Intertubekularna se udubina nalazi sa prednje strane nadlaktične kosti što znači da mišić obavija kost sa unutarnje strane, od iza prema naprijed.

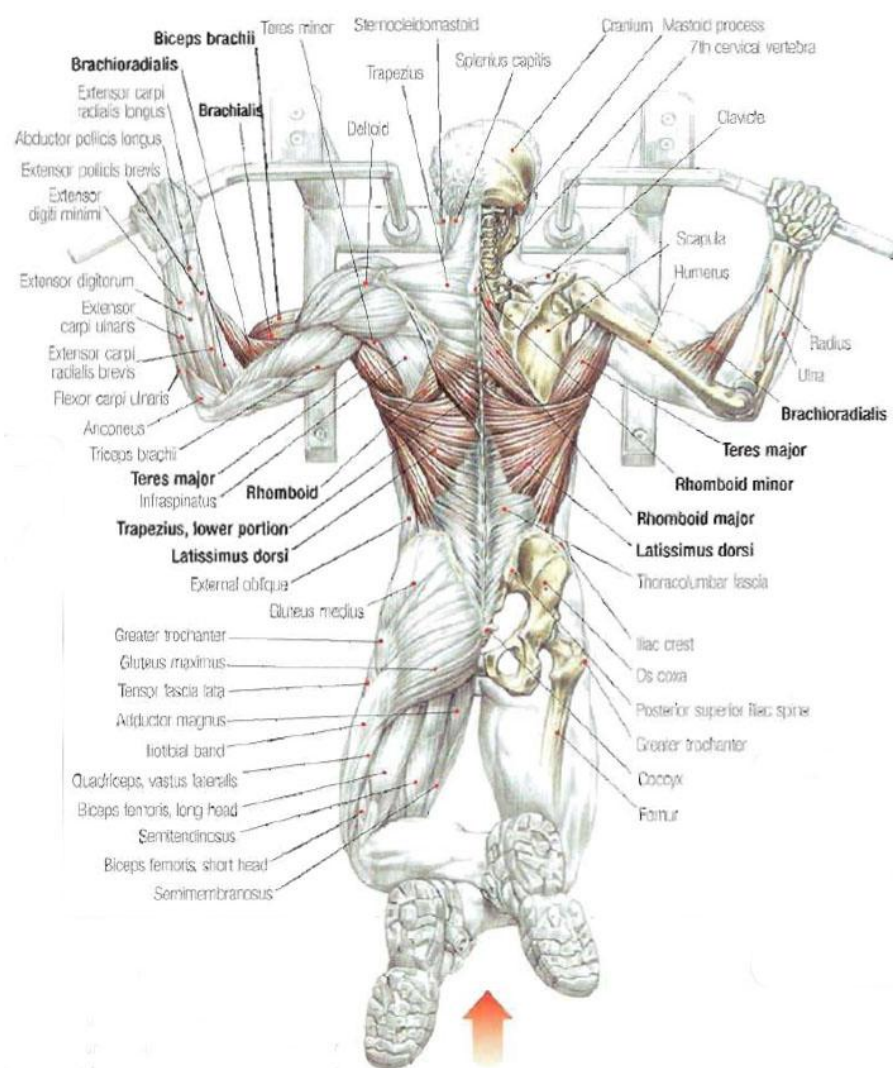


Slika 2.4 Mišići leđa

Ranije su navedene neke poveznice između debljine poprečnog presjeka mišića i njegove sposobnosti da proizvede silu, tj. funkcionalna sposobnost mišića da proizvede što veću silu će biti veća što je veći poprečni presjek mišića. Također je ranije navedeno da kontrakcija mišića ovisi o duljini njegovih vlakana, tj. što su vlakna dulja mogu se više skratiti. A to direktno utječe na opseg pokreta u zglobu koji mišić može omogućiti. M. latissimus dorsi ramenom kompleksu ne omogućuje pokret koji već postojeći mišići ramenog kompleksa ne mogu izvršiti, ali svojom veličinom i smještajem uvelika povećava funkcionalnu sposobnost ostalih mišića ramenog kompleksa za izvršavanje pokreta [3]. Upravo u tome leži njegova velika važnost, jer

bez te dodatne jakosti čovjek bi mogao adducirati ili ekstenzirati ruku, ali aktivnosti poput penjanja, cjepanja ili potpore kod depresije ramena bi bili jako teški ili gotovo nemogući za ostvariti. Njegova mu lepezasta građa, ovisno o regiji mišića koja momentalno proizvodi najveću silu, omogućava da pokret može usmjeriti u željenom smjeru, tj. da li će nadlaktica u odnosu na rameni zglob adducirati ili ekstenzirati, ili u kombinaciji sa nekim drugim mišićnim grupama ramenog kompleksa izvršavati neku treću radnju. Građa, tj. paralelan raspored mišićnih vlakana unutar mišića, te sama relativno velika duljina mišićnih vlakana koja uvjetuje dovoljnu kontrakciju su velikim dijelom zaslužni za velik opseg pokreta koji m. latissimus dorsi omogućuje ramenom kompleksu. Relativno velika površina poprečnog presjeka daje na znanje da je m. latissimus dorsi građen od velike količine mišićnih vlakana što dovodi do nešto veće funkcijske sposobnosti izvođenja pokreta nego što to posjeduju neke druge mišićne grupe, te da će u odnosu na neke druge mišićne grupe „lakše“ ispuniti svoju funkcijsku svrhu.

2.2.5 Anatomija u pokretu – Zgib



Slika 2.5 Mišići leđa koji uz m. latissimus dorsi sudjeluju u zgibovima

Na primjeru zgibova (slika 2.5), tj. vertikalnog dvoručnog podizanja prema horizontalnoj šipki, jedino narinuto opterećenje je težina vlastitog tijela (ali i inercija ukoliko su kretnje impulzivne). Agonist je naravno m. latissimus dorsi, čije je jačanje i cilj ove vježbe. Zajedno sa latissimusom, u nešto manjoj mjeri agonist također i m. teres major, čije je djelovanje nemoguće zanemariti i od koga je pri izvođenju ovakvih pokreta latissimus gotovo nemoguće izolirati u samostalno djelovanje. Sinergisti u ovom pokretu su mišići grudi (m. pectoralis major), mišići nadlaktice (bicepsi) i podlaktice (m. brachioradialis), te mišići ramenog pojasa (m. deltoidus). Stabilizatori u ovom slučaju fiksiraju lopatice i omogućuju kretanje ruku u svim smjerovima, a oni su: mišići gornjeg središnjeg dijela leđa (m. rhomboideus) i mišići gornjeg dijela leđa prema vratu (m. trapezius). Ovisno o širini i vrsti hvata koji se koristi pri izvođenju vježbe, ovi odnosi mogu varirati, ali uglavnom su poput ovih u navedenom primjeru.

3. PRINCIPI I TEHNOLOGIJE VJEŽBANJA LATISSIMUS GRUPE

Smisao vježbanja je izazvati adaptaciju čovjekova tijela na opterećenja veća od onih koja se pojavljuju u osnovnim aktivnostima za koje se vježbač priprema. Opterećenja nametnuta za izvedbu pokreta vježbe se načelno mogu razdijeliti u dvije temeljne skupine: vježbanje sa i bez dodatnog tereta. Gravitacija, tj. težina vlastitog ili drugih tijela je najstariji i najprimitivniji način opterećivanja vježbača. Negdje u povijesti vježbanja-sporta su se kao potreba za dodatnim opterećenjem i dodatnim unaprjeđenjem čovjekovih sposobnosti pojavili utezi. Utezi se tako koriste u strukturalnom (utjecaj na mišiće, kosti i vezivno tkivo) i funkcionalnom (unaprjeđenje svrhovitih gibanja) vježbanju, a osnovna podjela utega je na slobodne utege i utege u sklopu trenažera [4].

Slobodni uteg je naprava koja se sastoji od kraćeg (jednoručni) ili dužeg (dvoručni) hvatnog dijela na koji se postavljaju opterećenja, tj. najčešće kružne ploče različitih masa. Glavna karakteristika slobodnih utega je da je broj stupnjeva slobode u pokretima dizanja neograničen, tj. ograničen je s obzirom na mogućnosti čovjekovog lokomotornog sustava. Zbog toga vježbe izvođene slobodnim utezima, koliko god izolirajući usmjerene, uvijek aktiviraju veći broj mišića koji pomažu ili fiksiraju određeni pokret, tj. aktiviraju sve mišiće potrebne za pravilno izvođenje pokreta. Negativna je strana često koordinacijska složenost vježbi što posebno početnicima umanjuje iskoristivost takvih vježbi, a time su takve vježbe potencijalno opasnije za vježbača. Uz to, ovakvim načinom vježbanja ponekad nije moguće dovoljno aktivirati neke mišićne skupine, ali je moguće izazvati i neželjeno preopterećenje sinergista, stabilizatora ili fiksatora.

S druge strane, trenažeri su tehnički uređaji koji vježbača stavljaju u određeni položaj koji je definiran konstrukcijom i namjenom trenažera. Stupnjevi slobode izvođenja vježbi su ograničeni i određeni konstrukcijom stroja. Najbitnija prednost rada na trenažerima je sigurnost pri izvođenju vježbe. Za izvođenje vježbi na trenažeru potrebno je manje vještine (jednostavnija koordinacija izvođenja vježbi), sustav mijenjanja opterećenja je jednostavniji, umanjena je mogućnost preopterećenja. Na trenažerima je moguće aktivirati neke mišićne skupine koje je teško ili nemoguće aktivirati vježbanjem slobodnim utezima. Nedosatak vježbanja na trenažerima je izostavljanje rada mišićnih skupina koje stabiliziraju pokret, jer sama konstrukcija uređaja osigurava pravilno izvođenje i fiksiranje pokreta [6].

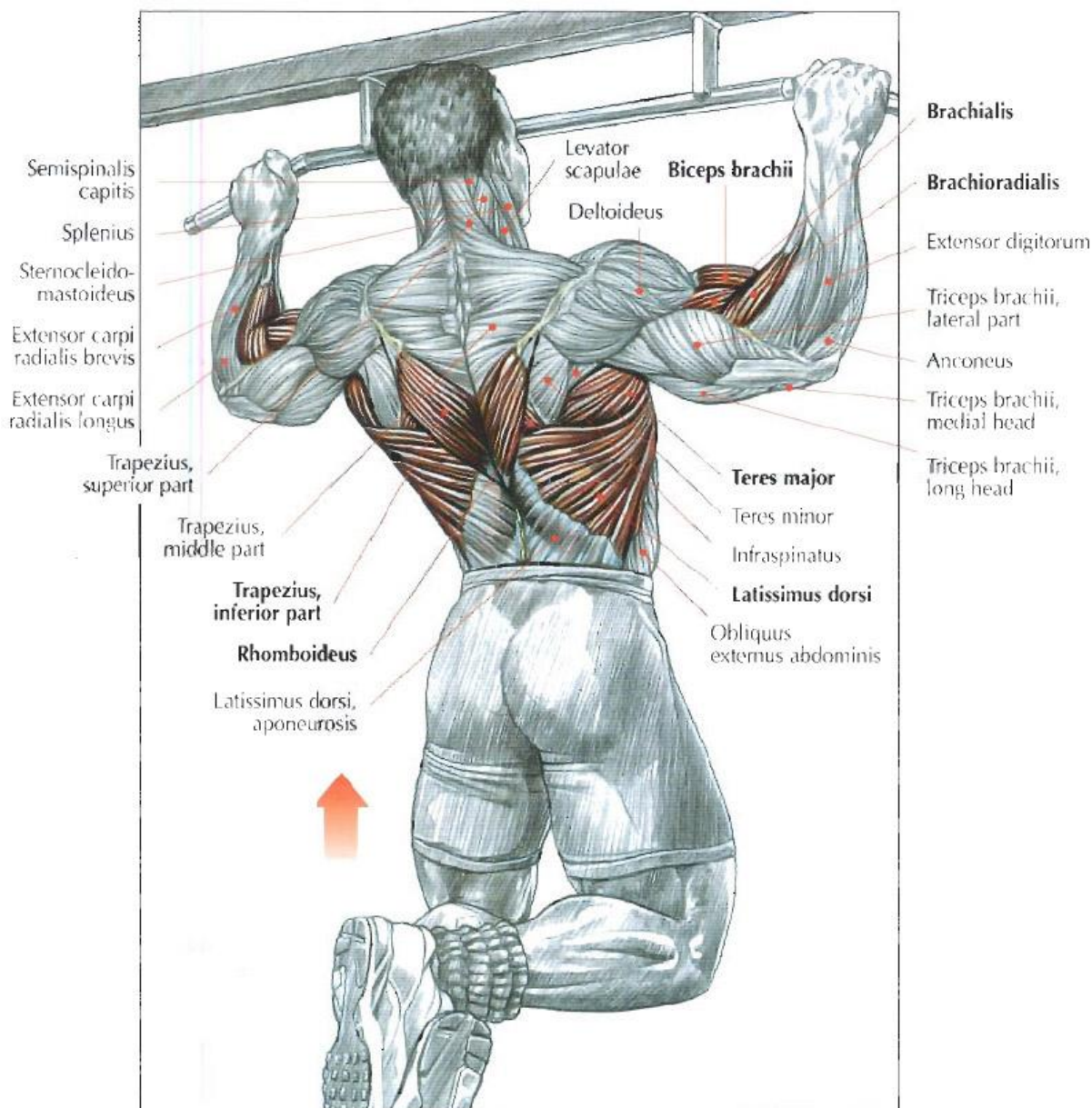
3.1 Pregled i opis vježbi

Prije pregleda i opisa vježbi u kojima je m. latissimus dorsi glavni agonist, radi samog razumijevanja daljnjeg teksta je bitno navesti neke čimbenike značajne za pravilno izvođenje vježbi:

- **Hvatovi:** hvatovi su načini na koje vježbač pristupa uezima gornjim ekstremitetima. Obzirom na položaj dlanova u odnosu na spravu, postoje različiti hvatovi koji diktiraju specifične pokrete, kojima se posljedično jačaju određene regije mišića uključenih u pokret.
- **Stabilni osnovni položaj tijela:** Bez obzira da li se vježba izvodi sjedeći, stojeći ili ležeći, bitno je da vježbač postavi pet stabilnih točaka – lijevo i desno stopalo, kukovi s donjim dijelom leđa, gornji dio leđa / prsa, te glava. Svaki od spomenutih dijelova tijela mora imati takav položaj da osigura stabilnost i mobilnost izvedbe. Trenažeri su konstruirani upravo tako da osiguravaju stabilnost navedenih pet točaka, a također osiguravaju biomehanički optimalne putanje dijelova tijela i utega.
- **Disanje:** Disanje tijekom vježbe omogućuje opskrbu srca, mozga i mišića kisikom. Ispravna tehnika disanja osigurava pravilno i nesmetano ponavljenje kretnji vježbanja, sprečava pojavu vrtoglavice, slabosti ili velikog povećanja krvnog tlaka. Pod disanjem se najčešće podrazumijeva udisaj u ekscentričnoj fazi i izdisaj u koncentričnoj fazi vježbe za svako ponavljanje.

1. ZGIBOVI (dizanje na šipci) ISPRED ILI IZA GLAVE:

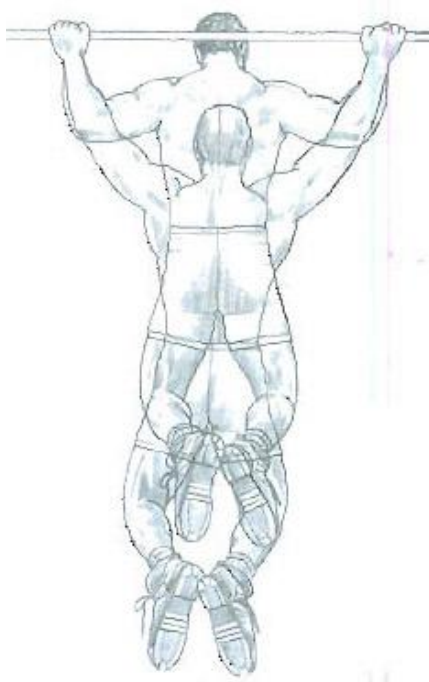
- *dlanovi prema naprijed*



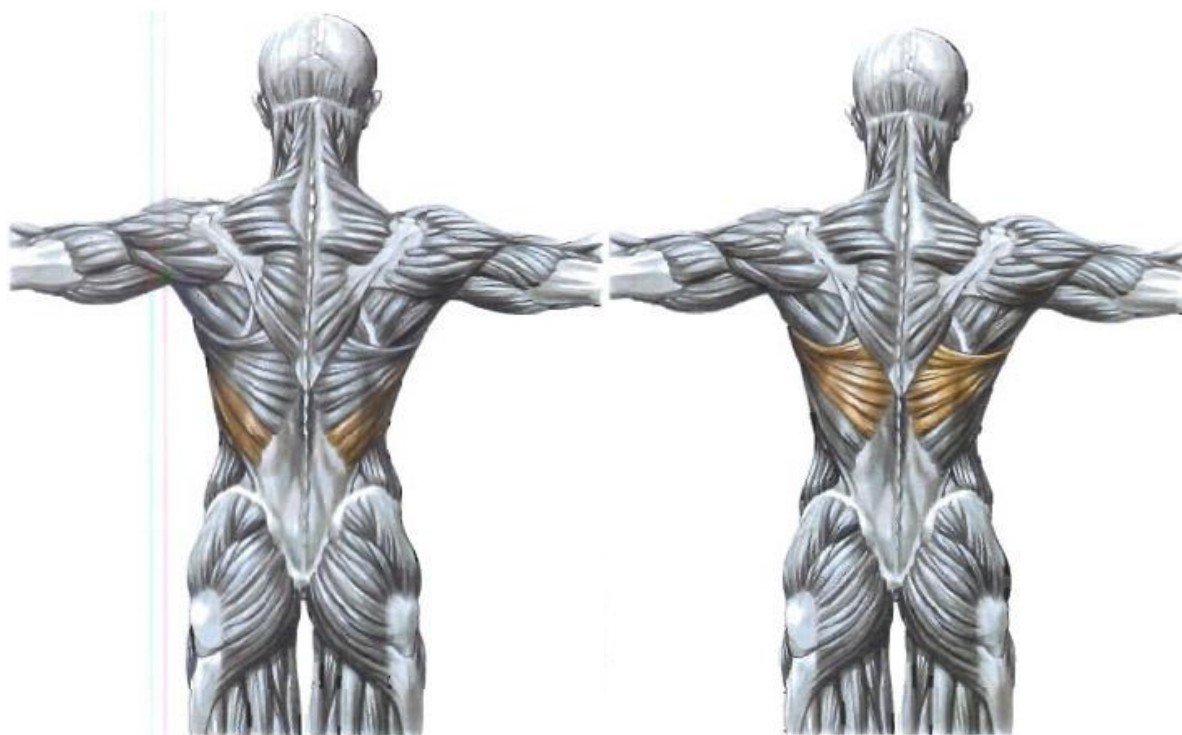
Slika 3.1 Zgibovi dlanovima prema naprijed, široki hvat

Zgibovi općenito zahtijevaju visoku razinu funkcionalnih sposobnosti mišića da proizvedu silu neophodnu za izvođenje vježbe. Radi se o produženom pokretu pri kojem se osim m. latissimus dorsi-a aktiviraju mišićne skupine biceps, brachialis, brachioradialis i pectoralis major. Vježba se pravilno izvodi tako da se šipka o koju se podiže široko ulovi dlanovima gledajući od sebe, a podizanje započinje gotovo iz ispruženog položaja ruku u laktovima. Prije samog podizanja potreban je udisaj. Podizanje se vrši do razine kada oči dođu iznad šipke, sljedi izdisaj te sporo i kontrolirano spuštanje.

Vježba ima varijacije u vidu položaja glave. Slika 3.2. prikazuje početni i krajnji položaj izvođenja vježbe sa glavom u krajnjem položaju iza šipke o koju se podiže, dok slike 3.3a. i 3.3b. prikazuju koja varijacija vježbe opterećuje koji dio mišića.



Slika 3.2 Zgibovi iza glave



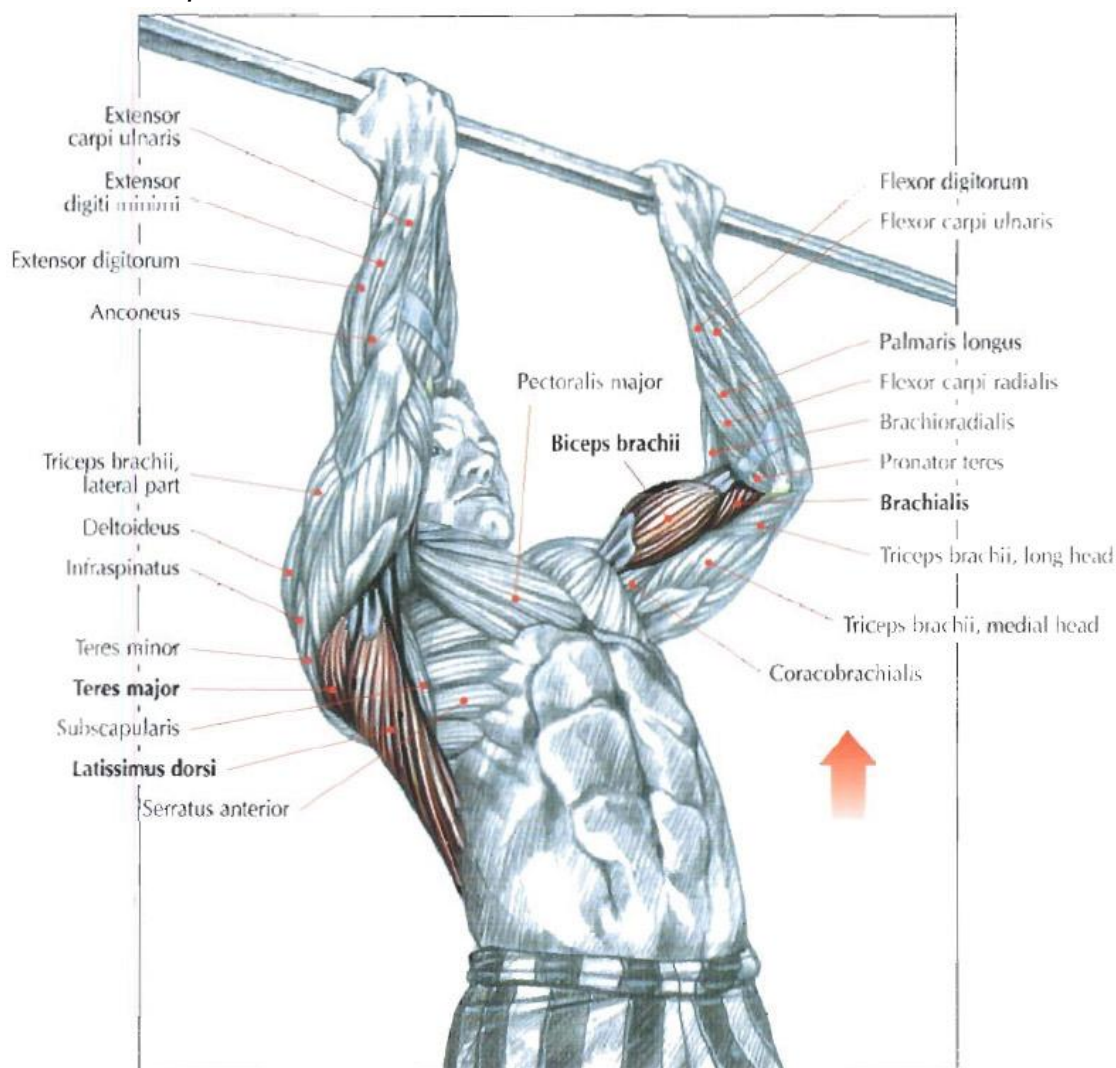
a) naglasak na donjem dijelu mišića,

b) naglasak na gornjem dijelu mišića

Slika 3.3: a) Posljedica zgibova iza glave, širok hvat; b) Posljedica zgibovi ispred glave, laktovi izbačeni prema natrag

Kada bi prilikom izvođenja vježbe izbacili prsa, moguće je povući se do šipke sve dok ju ne dotaknemo bradom. Kako bi povećali intenzitet, potrebno je dodati dodatno opterećenje u vidu tereta pričvršćenog na tijelo. Ako bi prilikom podizanja prema nazad izbacili laktove, podigli prsa i dizali se sve dok brada ne dotakne šipku, napravili bi pokret koji bi za svoje izvršavanje najintenzivnije aktivirao gornje dijelove latissimusa (slika 3.3b) i teres major.

- *dlanovi prema nazad*

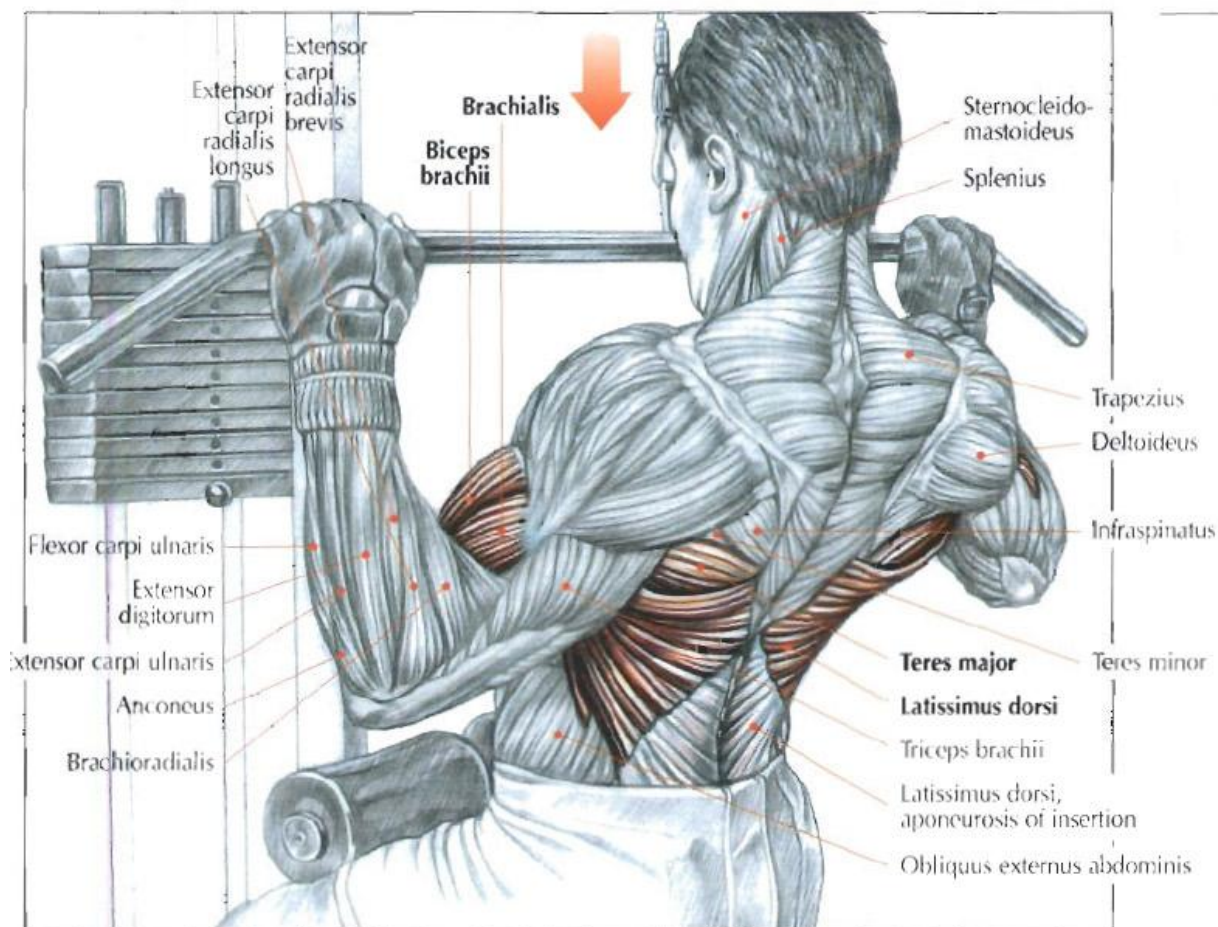


Slika 3.4 Zgibovi dlanovima prema nazad, normalan hvat

Ovim pokretom također razvijamo latissimus dorsi i teres major. No velik je dio opterećenja intenzivno fokusiran na biceps i brachialis zbog čega ova vježba služi također i za ciljano jačanje mišićnih grupa ruku. Vježba također zahtjeva veliku jakost mišića. Pravilno izvođenje pokreta započinje hvatanjem za šipku kao na slici 3.4., pri čemu su ramena maksimalno razdvojena, a ruke u laktovima opet gotovo sasvim ispružene. Potom slijedi udisaj, izbacivanje prsiju i podizanje sve dok brada ne dosegne visinu šipke. Pokret završava simultanim izdisanjem i sporim i kontroliranim spuštanjem.

2. POVLAČENJE NA LAT SPRAVI ISPRED GLAVE

- široki хват



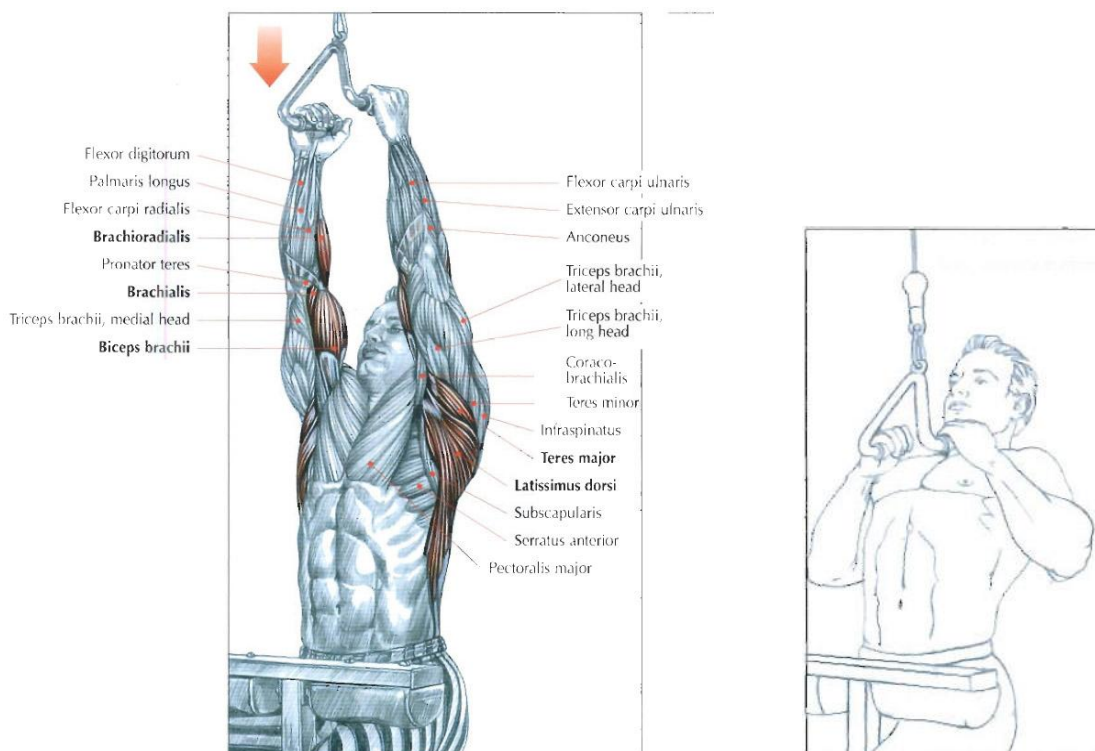
Slika 3.5 Povlačenje na lat spravi ispred glave, široki хват

Vježba posebno optetrećuje središnji dio latissimusa. Također, naglašena je funkcija srednje i donje regije trepezijusa, rombioida, bicepsa i brachialisa. Položaj izvođenja vježbe je sjedeći, prsima okrenutima prema spravi, a koljena su uglavljena ispod podloške za otpor. Šipka se prima vrlo široko. Prije početka pokreta ide udisaj, potom povlačenje šipke sve do prsiju. Pri tome se treba saviti u leđima i laktove gurnuti prema nazad. Nakon toga ide izdisaj i vraćanje u početni položaj. Slika 3.6. Prikazuje početni i krajnji položaj pravilnog izvođenja vježbe, uz manju promijenu pri prijemu šipke.



Slika 3.6 Varijacija izvođenja vježbe, dlanovi okrenuti jedan prema drugome

- uski hvat



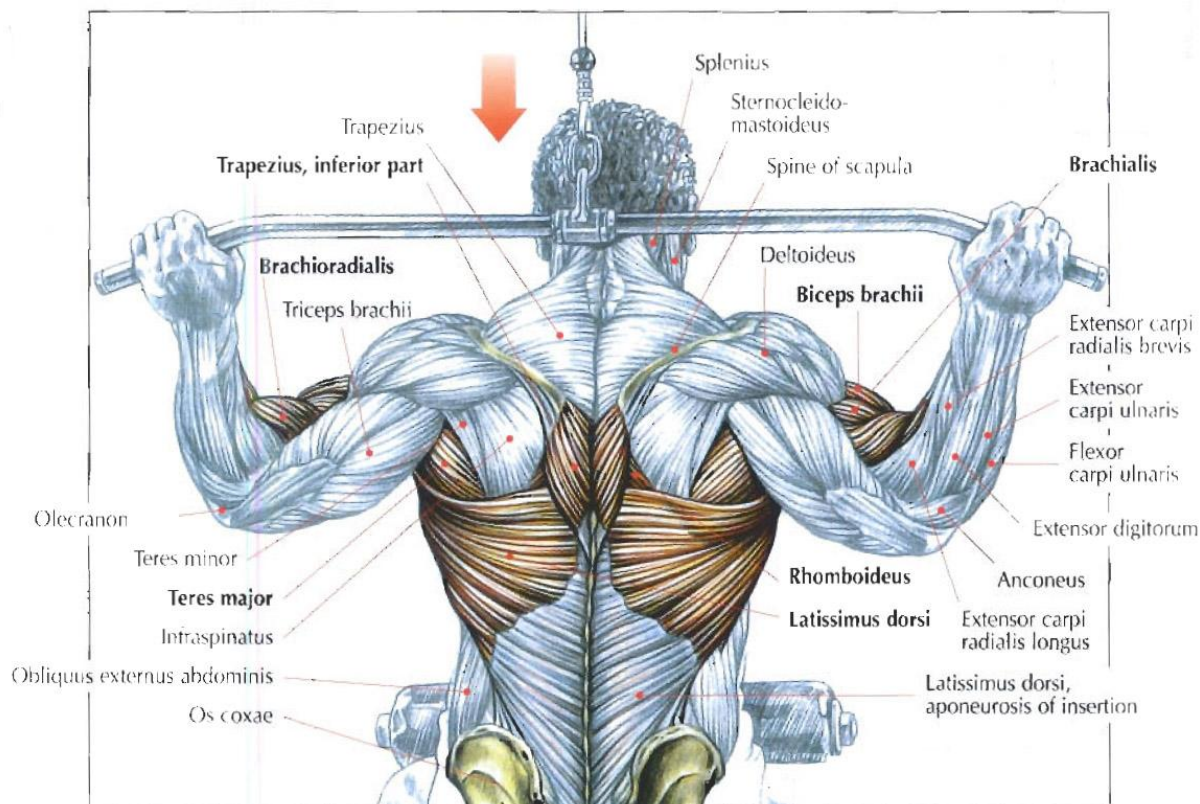
Slika 3.7 Povlačenje na lat spravi ispred glave, uski hvat

Slika 3.8 Kraj izvođenja pokreta uskim hvatom

Slika 3.7. prikazuje početak vježbe pri kojoj poseban naglasak stoji na razvoju m. latissimus dorsia i m. teres majora. Primicanjem lopatica jačaju se romboid, trapezius i

posteriorni deltoidi, a kao i svaka druga vježba sa povlačenjem, mišićne grupe biceps, brachioradialis, te brachialis su znatno opterećene. Vježba se izvodi slično kao i kod širokog hvata, osim što je ovdje osim savijanja u leđima također potrebno nagnjanje gornjeg dijela trupa u nazad. Kako položaj tijela izgleda na kraju pokreta pokazuje slika 3.8.

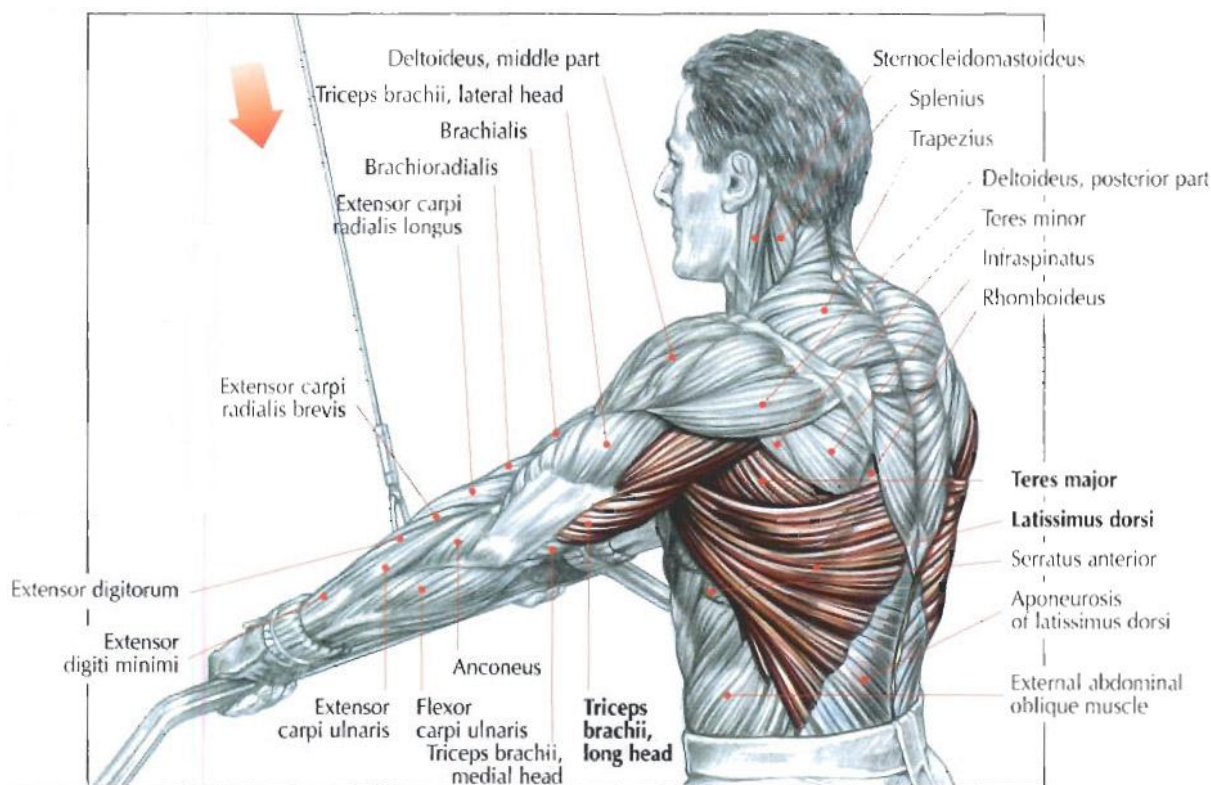
3. POVLAČENJE NA LAT SPRAVI IZA GLAVE



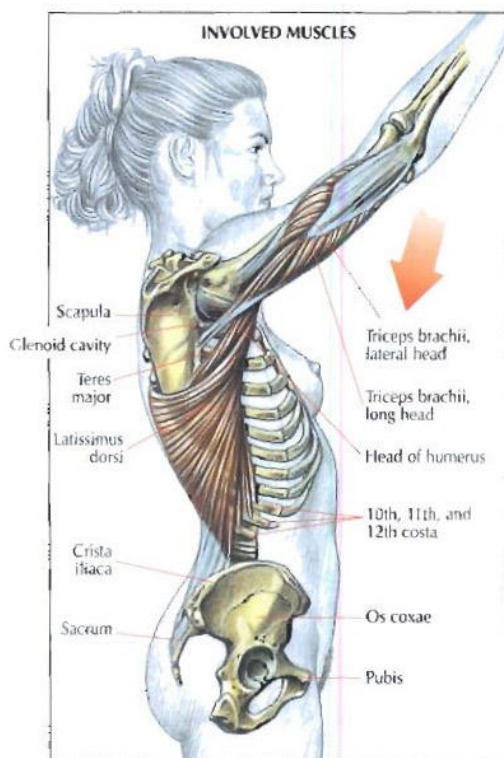
Slika 3.9 Povlačenje na lat spravi iza glave

Povlačenje na lat spravi iza glave je na prvi pogled slično prethodnoj vježbi. Bitna je razlika u tome što kod ove vježbe radi pretežno dio latissimusa koji se proteže od hvatišta na vrhu zdjeličnog grebena što rezultira povećanjem širine leđa. Osim latissimusa, također rade i teres major, brachialis i fleksori podlaktice, zajedno sa romboidom i donjim trapeziusom koji u biti služe za približavanje lopatica jednu prema drugoj. Ova je vježba odlična za početnike jer omogućava postizanje jakosti potrebne za zgibove. Položaj vježbe je također prsima prema spravi sa uglavljenim koljenima i širokim hvatom šipke. Pokretu prethodi udisaj, zatim povlačenje šipke iza vrata, pri čemu laktovi idu prema nazad. Vježba završava izdisanjem i vraćanjem u početni položaj.

4. POVLAČENJE NA LAT SPRAVI SA ISPRUŽENIM RUKAMA



Slika 3.10 Povlačenje na lat spravi sa ispruženim rukama



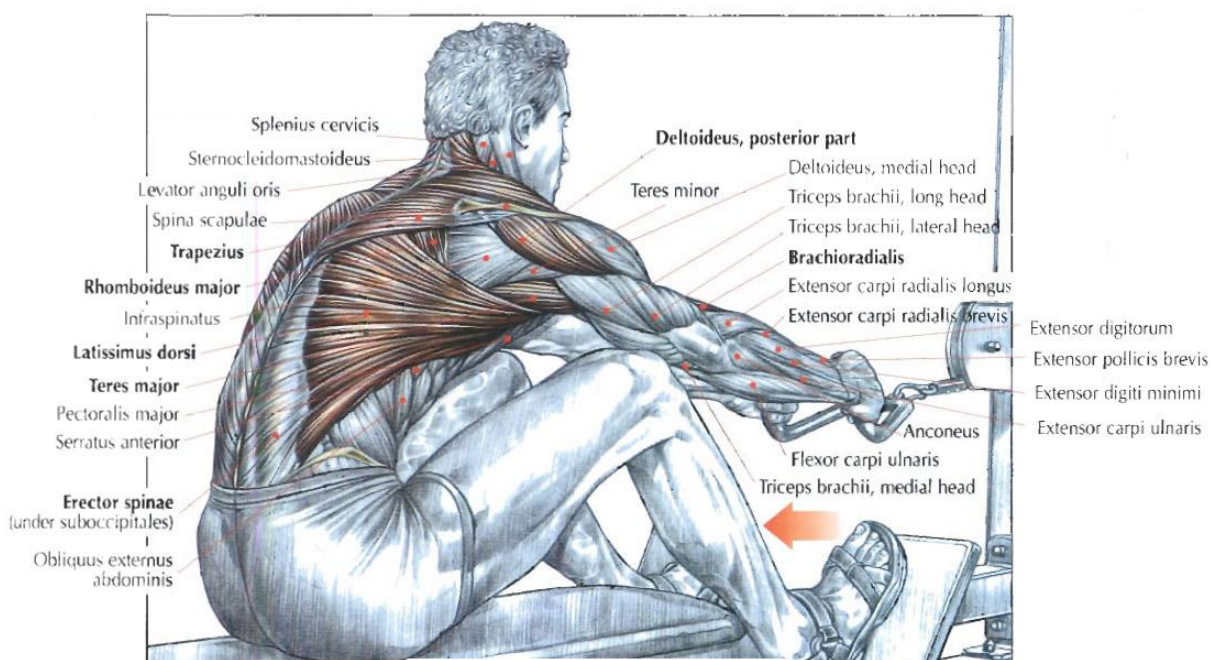
Slika 3.11 Ostale mišićne grupe uključene u pokret



Slika 3.12 Početak i kraj vježbe

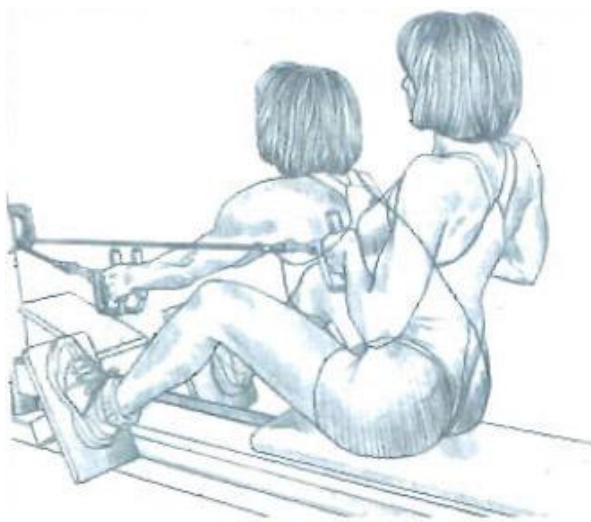
Povlačenje na lat spravi sa ispruženim rukama pretežno jača m. latissimus dorsi, ali u nešto manjoj mjeri jača i m. teres major i m. triceps brachii (dugu glavu tricepsa), što jasno prikazuje slika 3.11. Duga glava tricepsa se do sada nije uključivala jer joj je primarna funkcija ekstenzija podlaktice, što do sada nije bio slučaj, ali u ovom položaju je podlaktica uvijek ispružena što znači da mišić koji ju drži takvom radi i pri tome jača. Na taj način djelomično doprinosi očuvanju stabilnog spoja torza i ruke. Ova je vježba bitan dio pripreme plivača budući da bitno poboljšava jakost zaveslaja. Slika 3.12. pokazuje položaj tijela na početku i na kraju izvođenja vježbe.

5. VESLANJE U FIKSRANOM SJEDÉĆEM POLOŽAJU (uski hvat)



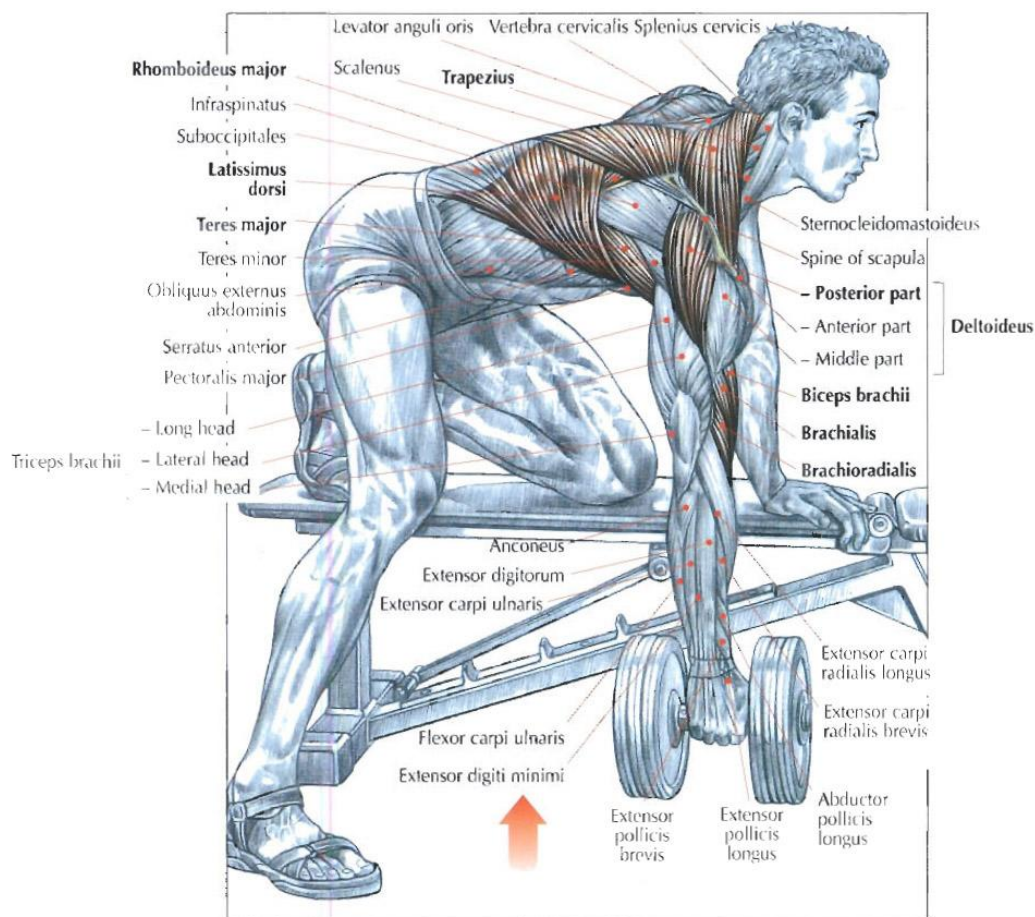
Slika 3. 13. Veslanje u fiksiranom sjedećem položaju

Veslanje je vježba za igradnju kompletnih leđa. Izolira mišićne grupe m. latisimus dorsi, m. teres major, deltoid, biceps, brachialis, radio brachialis, a na kraju pokreta kako se lopatice približe jedna drugoj izolira m. trapezius i romboid. Kada se na kraju pokreta isprave leđa uključen je i m. erector spinae, što praktički uključuje cijela leđa. Negativna strana ove vježbe je da u momentu kada se sasvim naprijed nagne prema spravi latovi se potpuno istegnu, a nema potporna ili graničnika koji bi osigurao oslonac i spriječio neželjeno velik pomak prema spravi te savijanje trupa. Iz početnog je položaja, prikazanog na slici 3.13, ručice potrebno povući skroz do donjih rebara. Kako se povlači teret, treba obratiti pažnju da laktovi putuju prema iza naj dalje što je moguće. Položaj na početku i kraju zaveslaja prikazuje slika 3.14.



Slika 3.14 Početak i kraj zaveslaja

6. JEDNORUČNO VESLANJE BUČICOM S OSLOMOM NA RAVNU KLUPU



Slika 3.15 Jednoručno veslanje bučicom s oslonom na ravnu klupu, početak pokreta

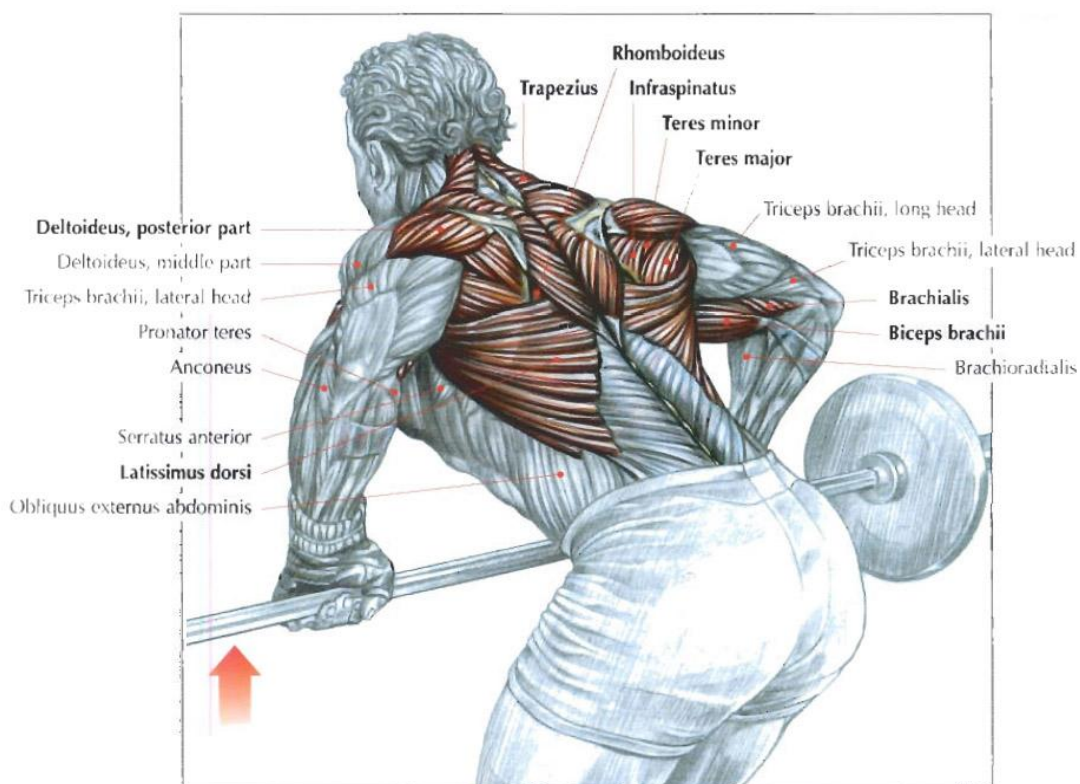
Jednoručno veslanje bučicom uglavnom uječe na mišićne grupe m. latissimus dorsi, m. teres major, posteroid deltoid i m. trapezius, te na kraju pokreta romboide. Sekundarni naglasak

ima na fleksore. Pokret jednoručnog veslanja počinje podizanjem bučice prema slici 3.15. Bučicu je potrebno podići što je više moguće, pokušavajući lakat držati što je više moguće prema nazad, a nadlakticu je potrebno držati blago odvojenu od torza. Slika 3.16. prikazuje kako pokret i položaj tijela trebaju izgledati na kraju.



Slika 3.16 Jednoručno veslanje bučicom s oslonom na ravnu klupu, kraj pokreta

7. VESLANJE U PRETKLONU SA ŠIPKOM

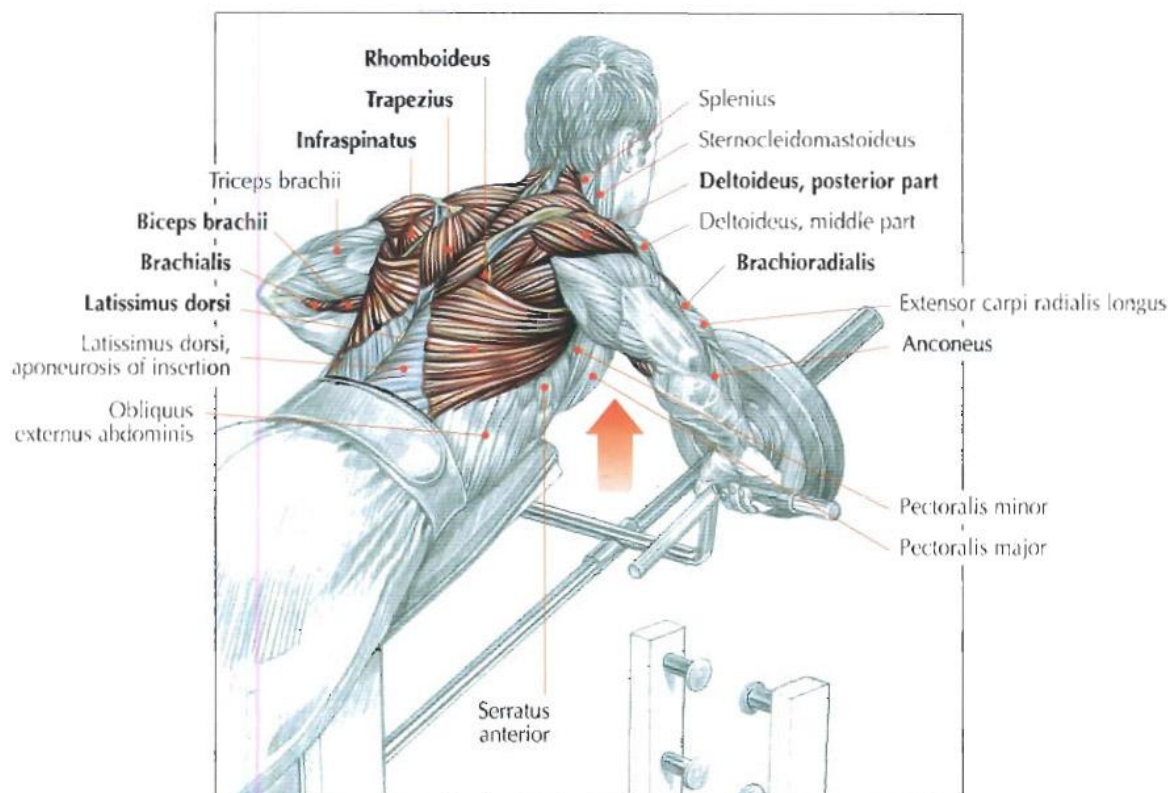


Slika 3.17 Veslanje u pretklonu sa šipkom

Veslanje u pretklonu sa šipkom utječe na mišićne grupe m. latissimus dorsi, m. teres major, m. posterior deltoid, bicepse, m. brachialis, fleksore, a kad se na kraju pokreta lopatice približe jedna drugoj također utječe na romboide i m. trapezius. Pretklon stabilizira kralježnicu i simetrično djeluje na kralježničke erektore: lateralni m. iliocostalis, srednji m. longissimus i

medijalni m. spinalis – koji kao tri okomita stupca čine mišićnu grupu m. erector spinae zaduženu za stabilizaciju i ekstenziju kralježnice, te samog trupa, vrata i glave. Specifičan položaj vježbe također može uzrokovati i brojne ozlijede, pa je osim pravilnog izvođenja vježba bitno paziti da leđa budu ravna. Vježba se pravilno izvodi tako da se zauzme pravilan početni položaj: položaj je stojeći, koljena su lagano savita a torzo nagnut pod kutem od približno 45°. Leđa su ravna. Šipka se prima u širini nešto većoj od širine ramena, ruke su skoro sasvim ispružene u laktovima. Povlačenju tereta prethodi udisaj i izometrična kontrakcija abdominalnih mišića, zatim se podiže teret sve do prsa. Pokret završava izdisajem i kontroliranim spuštanjem tereta u početni položaj.

8. VESLANJE „T – ŠIPKA“



Slika 3.18 T – šipka

Vježba je jako slična prethodnoj vježbi i djeluje na iste mišićne grupe. Jedina je razlika u aparaturi i načinu izvođenja vježbe koji može biti stojeći ili ležeći poput ovog na slici 3.18.

3.2 Odabir najpovoljnije vježbe

Jedan od zahtjeva ovog rada je pronaći i analizirati uvjete pri kojima nastaje optimalno opterećenje mišićne grupe latissimus dorsi koje podrazumijeva da će njena aktivnost u odnosu na ostale mišićne grupe s kojima je u sinergiji biti istaknuta do krajnje mjere. Pregledom navedenih vježbi, vježba u kojem latissimus radi najvećim intenzitetom u odnosu na ostale mišićne grupe, te za čije je izvođenje potrebna najviša sila u mišiću je zgib sa dlanovima okrenutima od tijela. Zgibovi općenito zahtjevaju visoku razinu funkcionalnih sposobnosti mišića da proizvedu silu neophodnu za izvođenje vježbe, a konkretan zgib sa dlanovima okrenutima od tijela je prirodom pokreta prostorno jednostavniji od ostalih verzija zgiba, te ga je jednostavnije opisati i analizirati. S toga će nadolazeći tok rada, tj. biomehanička analiza i biomehanička shema biti u skladu sa pokretima i djelovanju mišićne grupe latissimus dorsi na način na koji sudjeluje u zgibovima. Također, kod zgibova je izražen utjecaj mišićnih skupina ko kojih ranije dolazi do zasićenja, a ti ucjecaji negativno utječu na kapacitet rada latissimusa.

Karakteristike zgibova kao okosnica daljnje analize će dati usmjerenje u izlazne podatke potrebne za eventualno konstruiranje stroja koji bi u optimalnom režimu rada mišića jačao mišićnu grupu latissimus dorsi sa što manjim uključivanjem sinergijskih mišićnih grupa.

4. NAČELA BIOMEHANIKE SUSTAVA RAMENOG ZGLOBA

Biomehanička analiza daje uvid u kinetičke i kinematičke karakteristike izvedbe vježbi, te u elektromiografske karakteristike aktivnosti mišića odgovornih za izvedbu vježbe. Definiranje kinetičkih i kinematičkih karakteristika je posebno bitno kod utvrđivanja optimalnih trajektorija – putanja gibanja tereta, zglobova i zglobnih sustava, te radi definiranja generiranja sile i mehaničke jakosti u pojedinim fazama vježbi. Također je bitno znati kolike su sile koje djeluju na pojedine zglobne sustave u pojedinim fazama izvođenja pokreta. Elektromiografska analiza mišićne aktivnosti pri izvođenju vježbe s opterećenjem omogućuje definiranje intenziteta rada pojedinih mišića. Dobivene informacije je moguće koristiti za izbor vježbi specifičnih za aktivaciju pojedinih ciljanih mišićnih skupina.

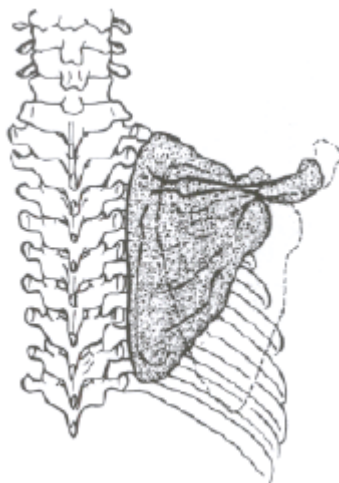
Sile, tj. momenti koji se javljaju prilikom vježbi sa opterećenjem zavise o intenzitetu opterećenja, brzini savladavanja opterećenja, te o longitudinalnim dimenzijama skeleta vježbača. Opterećenje koje se savladava prilikom izvođenja vježbi sa opterećenjem nije identično tijekom cjelokupne koncentrične faze. To je zato što moment koji mišić može generirati ovisi o kutu u zglobovima, te o duljini mišića. Stoga razlikujemo tzv. „krivulje“ jakosti pojedinih pokreta u zglobovima. Neke vježbe imaju uzlaznu karakteristiku jakosti, neke silaznu, a neke zvonastu. U opsegu ovog rada ta krivulja grafički prikazuje ovisnost jakosti koju latissimus može generirati ovisno o kutu kojim je nadlaktica odmaknuta u odnosu na sagitalnu ravninu trupa, a kasnije ćemo vidjeti da je krivulja jakosti kod mišićne grupe latissimus dorsi zvonastog oblika.

U poglavlju 3.2. je definirana vrsta vježbe, zgib, čije će se karakteristike koristiti kao okosnica daljnje analize. Budući da je glavni pokret kod zgibova sa hvatom dlanovima od tijela addukcija nadlaktice, pokret je moguće pojednostaviti promatrajući ga u dorsalnoj ravnini. Dorsalno zato što je m. latissimus dorsi leđni mišić pa je ovaj način promatranja možda jednostavniji od promatranja pokreta u ventralnoj ravnini. Prije toga je bitno shvatiti mogućnosti pomicanja ramenog kompleksa, što je objašnjeno u slijedećoj pod cjelini.

4.1 Pregled pokreta u ramenom zglobu

- **Skapularna retrakcija** (primicanje lopatica)

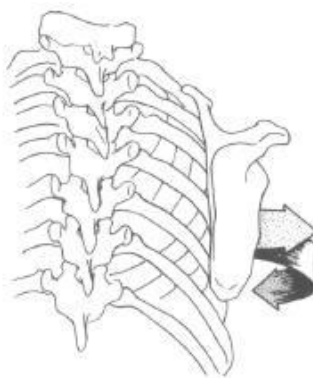
Lopatica se pomiče posteriorno i medijalno duž leđa, posteriorno pomičući ruku i rame. Privlačenje obje lopatice daje dojam „stiskanja“ lopatica jednu prema drugoj. Mišićne grupe koje kao agonisti sudjeluju u skapularnoj retrakciji su romboidus major, minor i trapezius.



Slika 4.1 skapularna retrakcija

- **Skapularna protrakcija** (odmicanje lopatice)

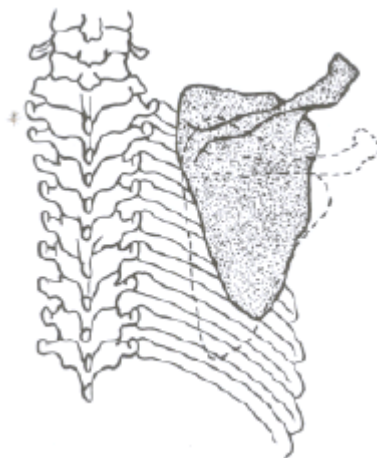
Pokret suprotan skapularnoj retrakciji. Lopatica se pomiče anteriorno i lateralno duž leđa, anteriorno pomičući ruku i rame. Ako se obje lopatice odmaknu, lopatice će biti razdvojene a pectoralis majori stisnuti jedan uz drugoga. Agonist je ovdje m. serratus anterior, dok su m. pectoralis major i minor sinergisti.



Slika 4.2 Skapularna protrakcija

- **Skapularna elevacija** (podizanje lopatice)

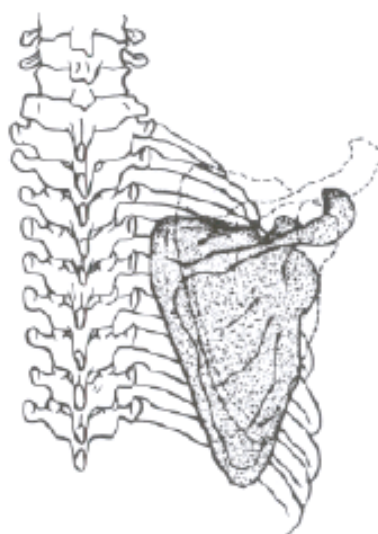
Skapularna elevacija pomiče lopaticu superiorno. Pokret sljegavanja ramenima. Mišići odgovorni za pokret su m. levator scapulae i gornja regija trapeziusa.



Slika 4.3 Skapularna elevacija

- **Skapularna depresija** (spuštanje lopatice)

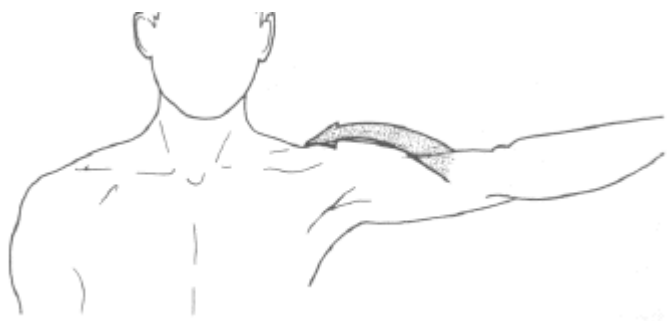
Skapularna depresija pomiče lopaticu inferiorno. Lopatice mogu biti spuštene na način da kut koji formiraju vrat i ramena bude tup dajući dojam spuštenih ramena. U pokretu sudjeluju mišićne grupe pectoralis minor, vlakna niže regije trapeziusa, subclavius preko klavikule te m. latissimus dorsi preko humerusa.



Slika 4.4 Skapularna depresija

- **Abdukcija ruke** (odmicanje ruke od trupa)

Abdukcija ruke se dešava kad se ruke iz položaja paralelno uz trup podižu u ravnini torza. Pokret se može razdvojiti u dva dijela: *prava* abdukcija ruke koja humerus iz položaja paralelnog kralježnici dovodi do položaja okomito u odnosu na kralježnicu, te skapularna rotacija prema gore, koja podiže humerus iznad ramena sve dok humerus ne dosegne položaj da gleda ravno gore. Pravu abdukciju omogućavaju m. supraspinatus prvih 15 stupnjeva) i m. deltoid; rotaciju prema gore omogućuju m. trapezius i m. serratus anterior.



Slika 4.5 Abdukcija ruke

- **Addukcija ruke** (primicanje ruke trupu)

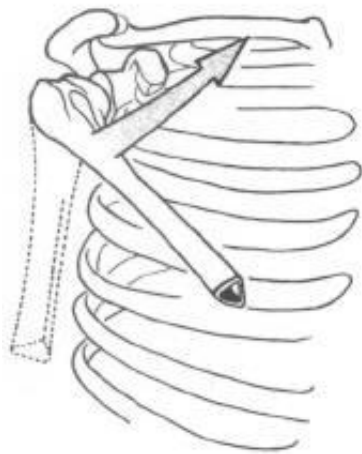
Addukcija ruke je pokret suprotan abdukciji. Također se može podijeliti u dva djela: rotacija lopatice prema dolje i prava addukcija ruke. Rotaciju prema dolje omogućuju mišićne grupe pectoralis minor, pectoralis major, subclavius, latissimus dorsi (na isti način kao kod depresije lopatice, sa pectoralis majorom koji zamjenjuje donja vlakna trapeziusa). U pravoj addukciji sudjeluju iste mišićne grupe kao u rotaciji prema dolje sa dodatkom mišićnih grupa teres major te najniža vlakna deltoida koji je u ovom slučaju sam sebi antagonist.



Slika 4.6 Addukcija ruke

- **Fleksija ruke**

Humerus rotira izvan ravnine torza na način da gleda prema naprijed (anteriorno). Mišićne grupe odgovorne za pokret su pectoralis major, coracobraccialis, biceps brachii i anteriorna vlakna deltoida.



Slika 4.7 Fleksija ruke

- **Ekstenzija ruke**

Humerus rotira izvan ravnine torza na način da gleda prema nazad (posteriorno). Glavne mišićne grupe potrebne za izvršavanje pokreta su latissimus dorsi i teres major, duga glava tricepsa, te posteriorna vlakna deltoida.



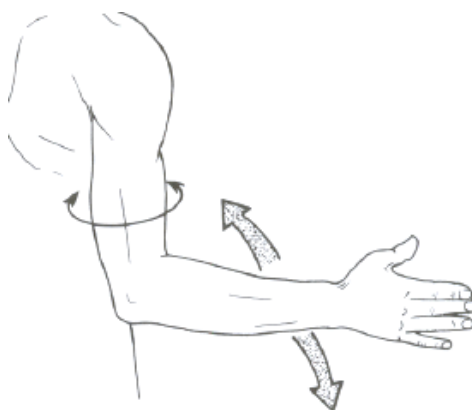
Slika 4.8 Ekstenzija ruke

- **Medijalna rotacija ruke**

Medijalna rotacija ruke se najjednostavnije promatra kad je ruka u laktu savijena za 90°, a prsti ispruženi tako da su paralelni sa tlom. Medijalna se rotacija dešava kada ruka rotira u ramenu na način da ispruženi prsti translatairaju prema tijelu. Mišićne grupe koje omogućavaju pokret su subscapularis, latissimus dorsi, teres major, pectoralis major i anteriorna vlakna deltoida.

- **Lateralna rotacija ruke**

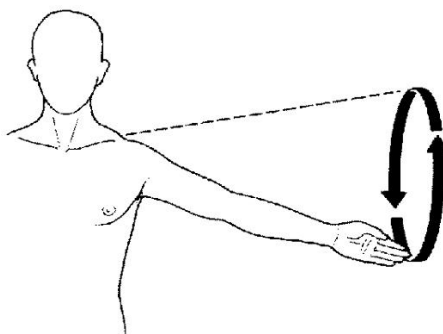
Pokret suprotan medijalnoj rotaciji ruke. Mišićne grupe: infraspinatus i teres minor te posteriorna vlakna deltoida.



Slika 4.9 Medijalna i lateralna rotacija ruke

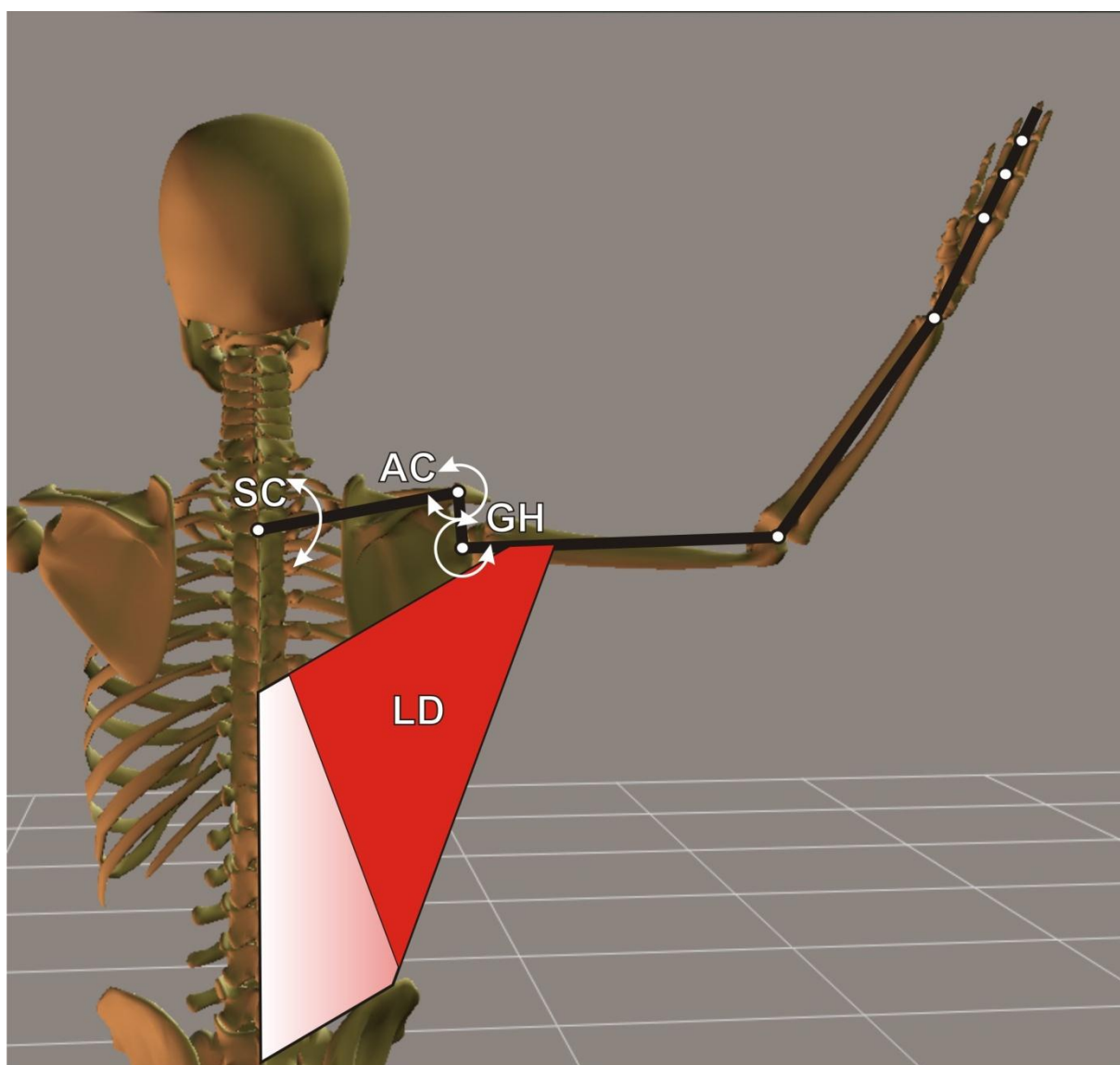
- **Cirkumdukcija ruke (kružni pokret ruke)**

Kružni pokret u ramenu na način da su lakat i prsti potpuno ispruženi te osoba lateralno od trupa ocrta kružnicu u zraku. Na taj način ruka ocrta stožac, a rame kao najpokretniji zglob u tijelu može ocrtati najveći stožac. Mišićne grupe: pectoralis major, subscapularis, coracobrachialis, biceps brachii, supraspinatus, deltoid, latissimus dorsi, teres major i minor, infraspinatus i duga glava tricepsa.



Slika 4.10 Cirkumdukcija ruke

4.2 Shematski prikaz i biomehanička analiza

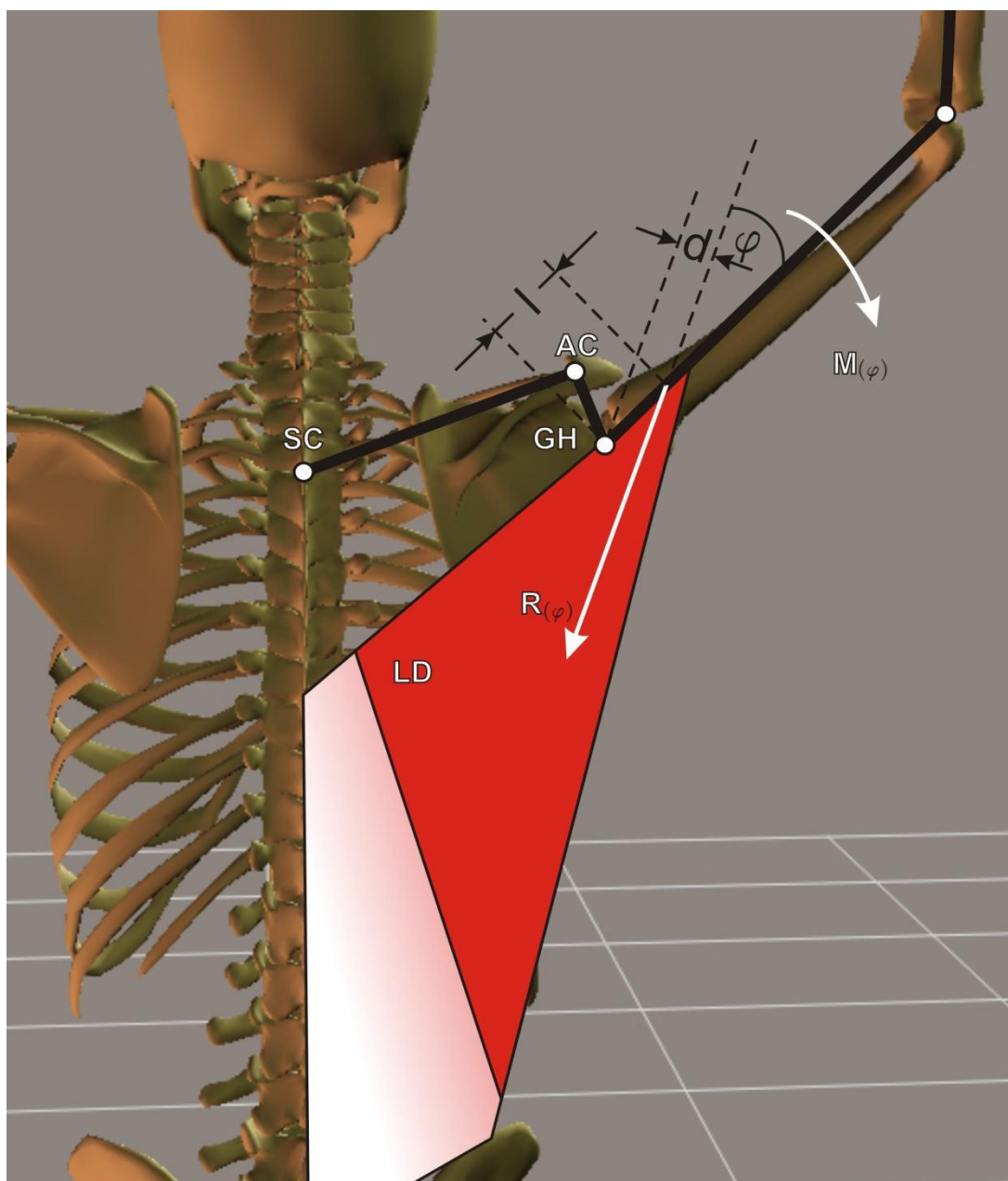


Slika 4.11 Shematski prikaz m.latissimus dorsi, zglobova ramena i poluga uključenih u pokret (LD – m. latissimus dorsi; SC – sternoklavikularni zglob; AC – akromioklavikularni zglob; GH – glenohumeralni zglob)

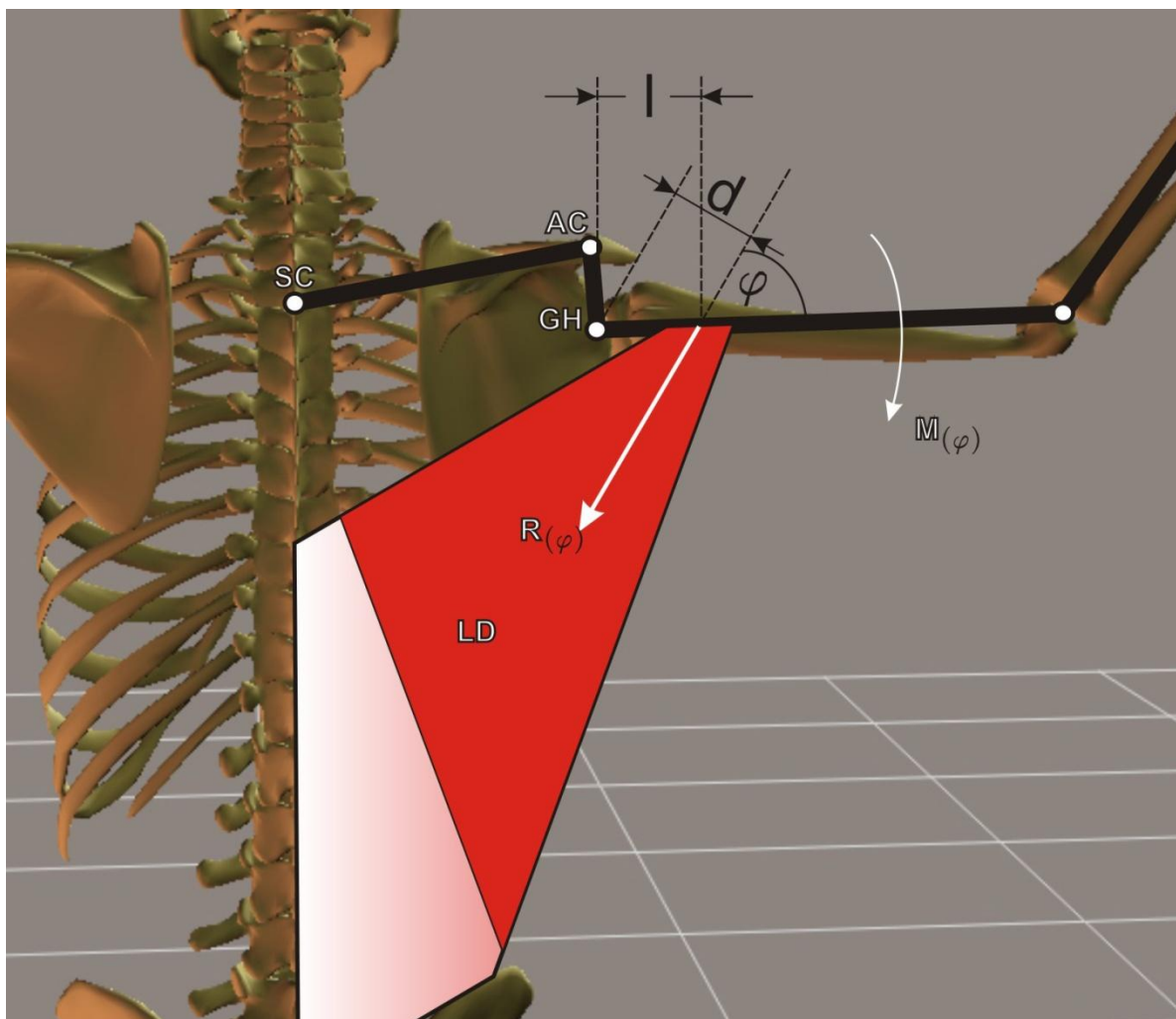
M. latissimus dorsi, poluge na koje djeluje i zglobovi ramenog kompleksa uključeni u pokret su shematski prikazani na slici 4.11. U prethodnoj su cjelini navedeni pokreti u ramenu. Rameni kompleks je složeni zglobni mehanizam koji, kada je zdrav, u međuzglobnoj sinergiji sa pripadajućom muskulaturom besprjekorno izvršava svoju funkciju. Svaki pokret, bilo koje poluge, uzrokuje pokret još nekih bliskih poluga. Na slici 4.11 je vidljivo da je ključna kost u kontaktu sa prsnom kosti putem sternoklavikularnog zgloba. Akromioklavikularnim se zglibom lopatica naslanja na ključnu kost, a glenohumeralni zglob je veza između lopatice i nadlaktice. M. latissimus dorsi, kako je jasnije prikazano na slikama 4.12, 4.13 i 4.14 povlači humerus prema trupu te kao posljedicu može izazvati pomak u zglobnom mehanizmu ramena, osim toga može povući lopaticu prema dolje ili prema sredini trupa.

Biomehanički modeli su na slikama 4.11 – 4.14 prikazani dorsalno, pokret koji simuliraju je ranije navedeni zgib.

Također je navedeno da moment koji mišić može generirati ovisi o njegovoj duljini, poprečnom presjeku i kutu u zglobu. Zglob koji omogućuje zakret humerusa je uglavnom glenohumeralni, na jednom kraju poluge, tj. humerusa, a opterećenje koje treba savladati je na drugom kraju poluge. Hvatište je između te dvije krajnosti, s time da je hvatište jako blizu zgloba, što znači da mišić mora biti sposoban generirati višestruko veću silu nego što je ona narinuta na poluzi. To nas dovodi do zaključka da je ovo slučaj poluge trećeg reda.



Slika 4.12 Shematski prikaz addukcije: položaj humerusa veći od 90° u odnosu na položaj uz trup



Slika 4.13 shematski prikaz addukcije: položaj humerusa približno 90° u odnosu na položaj uz trup

Za pretpostaviti je da će, obzirom da je latissimus kao što se vidi na slikama 4.12 – 4.14. lepezasto raširena skupina mišićnih vlakana, ovisno o položaju reagirati upravo tako da prikladno usmjeri rezultantnu silu te stvori najveći moment oko zgloba jer je to ono što je potrebno. Ne može se promijeniti udaljenost hvatišta od zgloba, ali se može promijeniti kut. Također, budući da mišić generira skup sila (u prostoru) koje djeluju nejednolikim intenzitetom spram hvatišta, rezultanta može biti uz gornji ili donji rub ili između, može „šarati“ trodimenzionalno. Prednost latissimusa je u tome što rezultatnom definira u kojem smjeru djeluje, ovisno o položaju ruke različite regije daju različite momente oko ramena.

Krak d na kojem mišić djeluje na polugu se stalno mijenja. Njegova je promjena ovisna o kutu φ koji čine poluga i smjer rezultantne sile $R(\varphi)$, djelovanja mišića. Taj je kut opet direktno ovisan o promjeni kuta u ramenu.

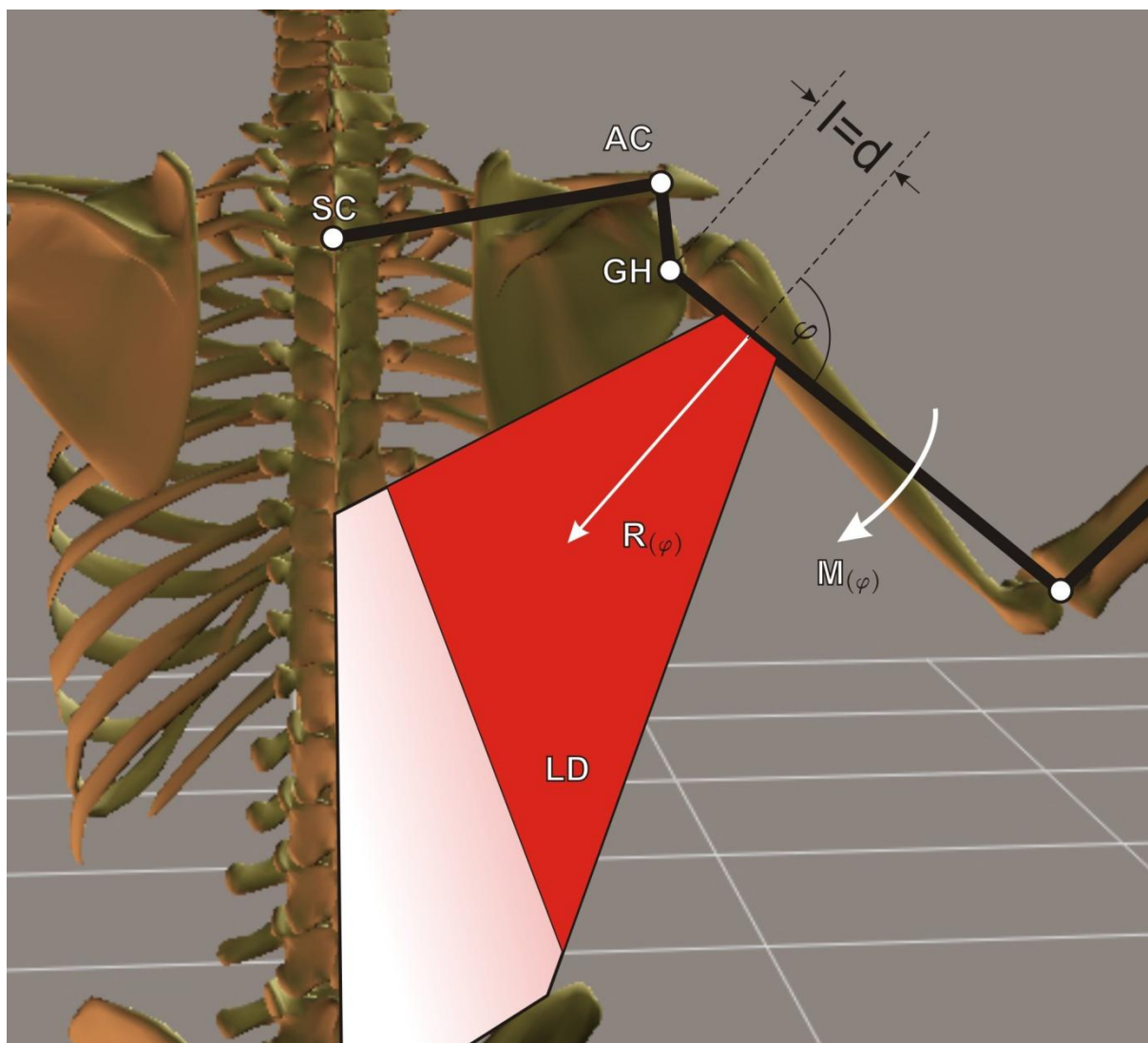
Promijena kraka d se vidi na slikama 4.12 – 4.14, gdje se krak d postepeno povećava ovisno o kutu φ sve do trenutka kada se krak d i udaljenost l hvatišta od glenohumeralnog zgloba ne izjednače. Također je pretpostavka da u tom trenutku m. latissimus dorsi generira maksimalni moment te su iznosi duljine kraka d i duljine udaljenosti hvatišta l od glenohumeralnog zgloba, kao što je prikazano na slici 4.14, jednaki, tj. $d = l$. Vezu između te dvije veličine i način na koji se odnosi među njima mijenjaju ovisno o kutu φ možemo zapisati kao:

$$d = l \sin \varphi,$$

gdje je d – krak na kojem mišić djeluje na zglob, l – udaljenost hvatišta mišića od zgloba, a φ – kut između poluge i smjera rezultante generiranih sila u mišiću, koji se mijenja ovisno o položaju nadlaktice. Ovisno o kutu φ također se mijenjaju i iznosi sila generiranih u mišiću, a time i iznosi rezultatne sile i momenta. Stoga su:

$$R = R(\varphi) \text{ i}$$

$$M = M(\varphi),$$



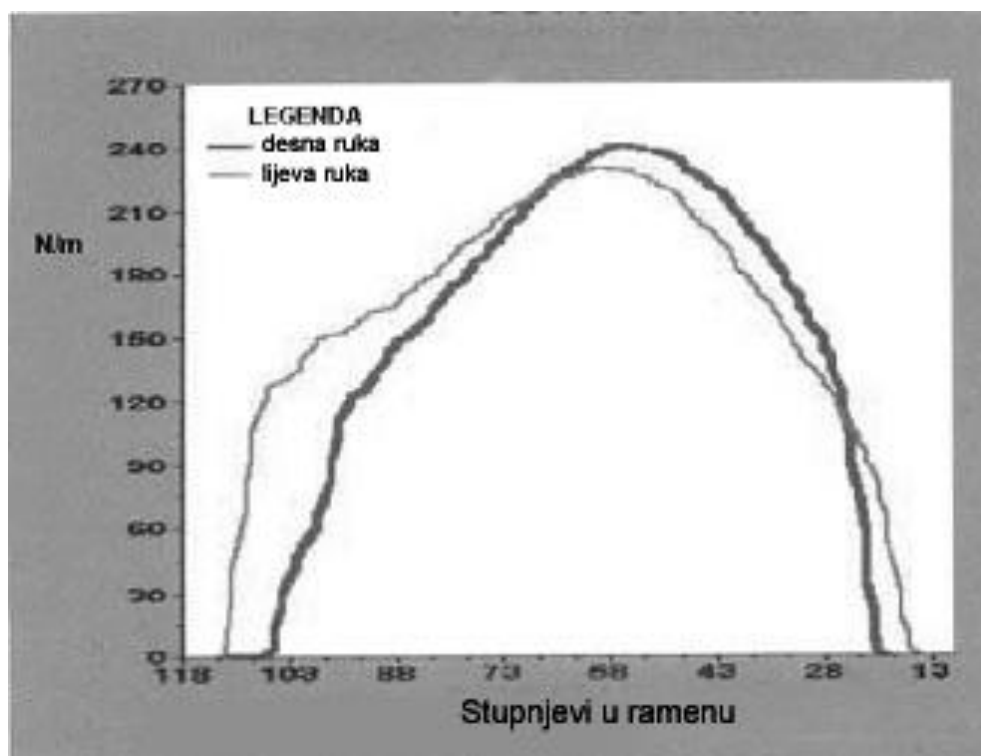
Slika 4.14 Shematski prikaz addukcije: položaj humerusa manji od 90° u odnosu na položaj uz trup u trenutku kad se krak djelovanja mišića i udaljenost hvatišta od zgloba izjednače

gdje je $M(\varphi)$ definiran R -om, a R je definiran fiziološkom logikom koja govori da je potrebno stvoriti što veći moment. To je racionalizacija utrošene energije koju tijelo rabi.

Tijelo ima fiziološku logiku efikasnosti i racionalizacije koja govori da tijelo samo sebi olakšava, što latissimus i omogućava, tvoreći što veći takozvani „d“, pa će i kontrakcija muskulature i kontraktilna sila biti s tim u skladu. Normalno je da će se sila prilagođavati trenutnom fiziološkom položaju. Ako u ljudskom organizmu postoji logika racionalizacije

naprezanja onda je logično da je rezultanta u položaju kad je ruka gore postavljena što okomitije na nadlakticu, to je opet ilustrirano u slikama 4.12. – 4.14. Na slici 4.12. ruka stoji u položaju kad osim addukcije također postoji i rotacija lopatice. Koristeći logiku racionalizacije, jasno je da će tokom ovakvog pokreta najopterećenija regija latissimusa biti upravo regija čija su vlakna u odnosu na nadlakticu što okomitija. Prema tome će i rezultanta generiranih sila u mišiću također biti usmjerena više prema toj regiji mišića. Kako se kut u ramenu smanjuje mijenja se i kut rezultante. Na slici 4.13 taj je kut nešto veći nego na slici 4.12. Rezultanta je u odnosu na shematski prikaz na slici 4.12 usmjerena prema srednjoj regiji mišića. Kut djelovanja rezultante se postepeno mijenja do trenutka na slici 4.14 na kojoj je kut djelovanja rezultante okomit na polugu, izjednačava se sa udaljenošću hvatišta od zgloba te u tom je trenu mišić „najjači“. Ilustracije su isključivo shematske, te se ilustrirani primjer i realni slučaj mogu razlikovati, ali smisao je isti. Nakon toga, kako se ruka dalje primiče trupu kut φ i dalje raste, što dovodi do zaključka da što je ruka približenija trupu rezultanta je položenija, a to govori da u trenutku od izjednačavanja veličina l i d više „rade“ mišićna vlakna regije koja je položitija. Opet, uzevši u obzir logiku racionalizacije možemo zaključiti da je pretpostavka da je aktivnija regija mišića ona koja je okomitije položena u odnosu na nadlakticu, istinita.

Silu koju mišić generira na početku pokreta potrebnu da proizvede moment i odupre se narinutom otporu, znatno je veća kad je poluga potpuno ispružena nego u kasnijim fazama pokreta, a kada je kut $\varphi = 0^\circ$ ta je sila teoretski beskonačna te je pokret, radi sprečavanja istezanja ili pucanja ligamenata potrebno početi izvoditi sa nekim početnim kutom $\varphi > 0^\circ$. Jakost mišića se najbolje može dočarati krivuljom jakosti, gdje je prikazano kako jakost mišića ovisi o kutu u zglobu. Krivulja jakosti je zvonastog oblika upravo zbog činjenice da je mišić na početku i kraju pokreta „najslabiji“. Krivulja jakosti je prikazana na slici 4.15.

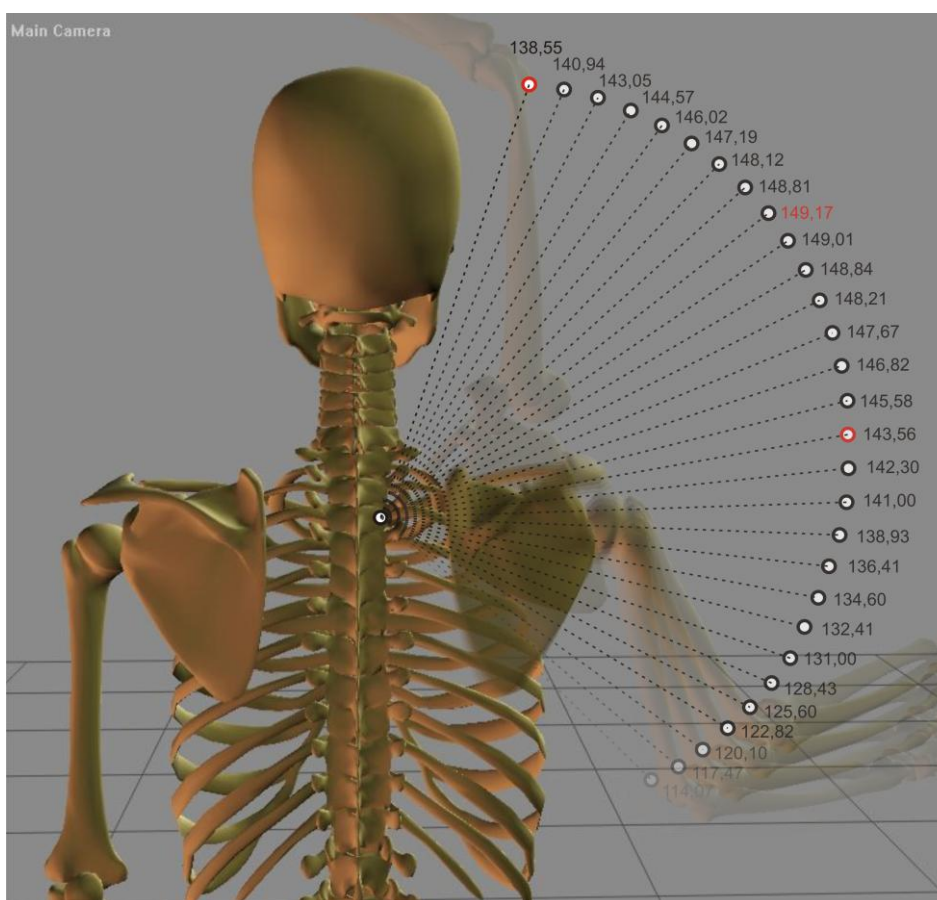


Slika 4.15 Krivulja jakosti ramenog zgloba

4.3 Trajektorija nadlaktice

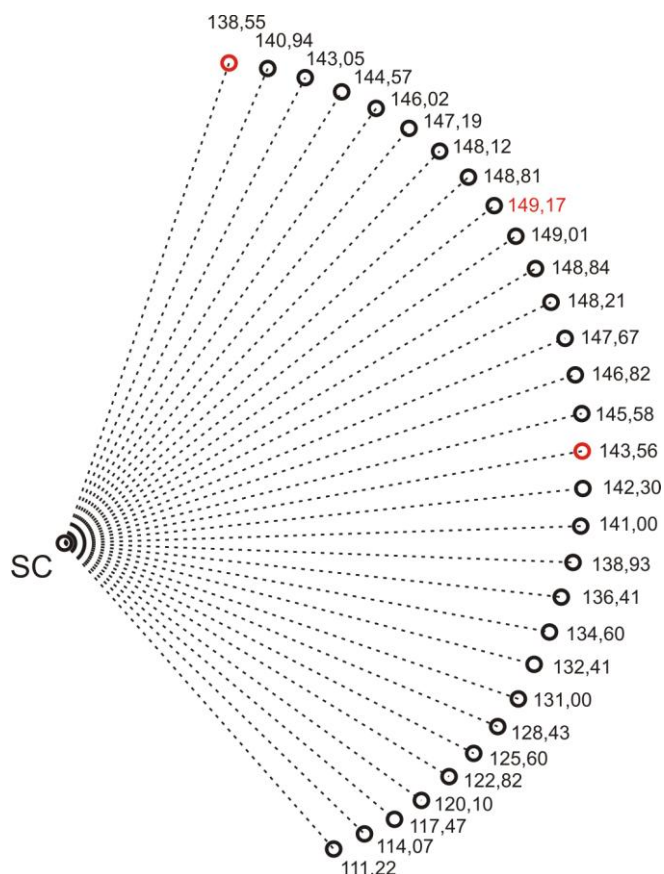
U prethodnoj je podcjelini navedeno da je rameni zglob složeni mehanizam unutar kojega nikada nije u pokretu samo jedna od poluga koje ga čine. Jedini centar rotacije koji prividno miruje je spoj prsne i ključne kosti, tj. sternoklavikularni zglob. Ostala dva zgloba, akromioklavikularni i glenohumeralni rotiraju oko SC zgloba [3], poput Zemlje oko Sunca i Mjeseca oko Zemlje (op.a.). Iz tog razloga trajektorija koju čini neka točka npr. na nadlaktici u niti jednom trenu nije kružnica. Budući da je bitno osigurati da sustav koji će služiti za prijenos opterećenja bude u stalnom kontaktu sa dijelom tijela kojim će se korisnik opirati opterećenju, mora se „snimiti“ trajektorija neke točke na ruci koja bi pokazala kolika trajektorija ruke ima odstupanje od kružnice. U tu je svrhu proveden eksperiment čiji su rezultati prikazani slikama 4.16 i 4.17. Eksperiment je proveden u dva dijela. Računalno, gdje su simulacije rezultati prikazani slikama 4.16 i 4.17, te uživo na četiri ispitanika, dva muška i dva ženska jednakih visina. Budući da su eksperimenti u živo izvedeni u nepovoljnim uvjetima njihovi rezultati nisu dovoljno egzaktni da bi bili prikazani u radu, ali potvrđuju ispravnost računalne metode.

Pokret prikazan na slici 4.16 je addukcija iz početnog položaja nadlaktice 180° u odnosu na sagitalnu ravninu trupa. Na slici je vidljivo da se osim nadlaktice u GH zglobu pomiče lopatica u AC zglobu i ključna kost u SC zglobu. Literatura [16, 17] navodi da se zakret u GH zglobu u odnosu na AC i SC zglob odnosi u omjeru od prilike 4:1 što je eksperiment i dokazao.



Slika 4.16 Trajektorija točke nadlaktice sa vrijednostima koje opisuje u određenom položaju ruke u odnosu na trup

Eksperimentom je također dokazano da se ovdje ne radi o kružnici, što je i vidljivo iz pomaka lopatice i njene rotacije oko SC zgloba, te rotacije humerusa oko AC zgloba, već o krivulji sa tri centra rotacije. Vrijednosti prikazane na slici 4.17 označavaju odmak iste točke na nadlaktici za ukupan pomak od 6° . Vrijednosti su empiričke i ne označavaju prave veličine već su u jedinicama koje pomnožene određenim faktorom čine prave duljinske vrijednosti. Točke označene crvenim označuju početak i sredinu pokreta, tj. položaj ruke u odnosu na trup od 180° odnosno 90° . Vrijednost na istoj slici označena crvenom brojkom označuje maksimalno udaljavanje točke nadlaktice od centra rotacije u SC zglobu. Maksimalno udaljavanje točke se nalazi već na 132° u odnosu na ravninu trupa. Nakon toga se smanjuje sve dok ruka nije potpuno spuštena uz trup.

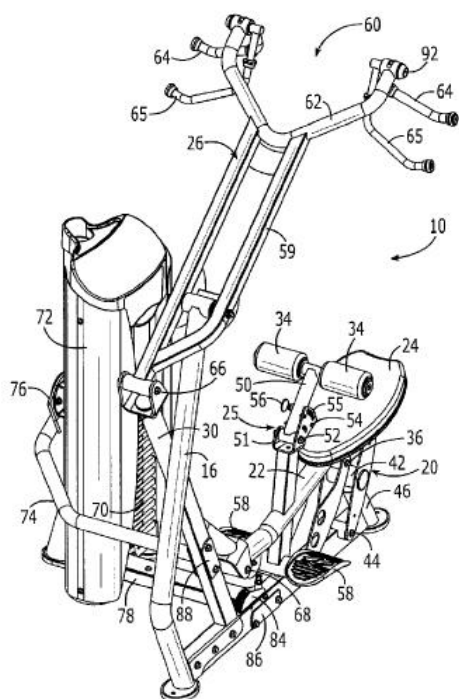


Slika 4.17 Udaljavanje iste točke nadlaktice od središta rotacije u SC zglobu

5. ANALIZA TRŽIŠTA I POSTOJEĆIH RJEŠENJA

5.1 Patenti

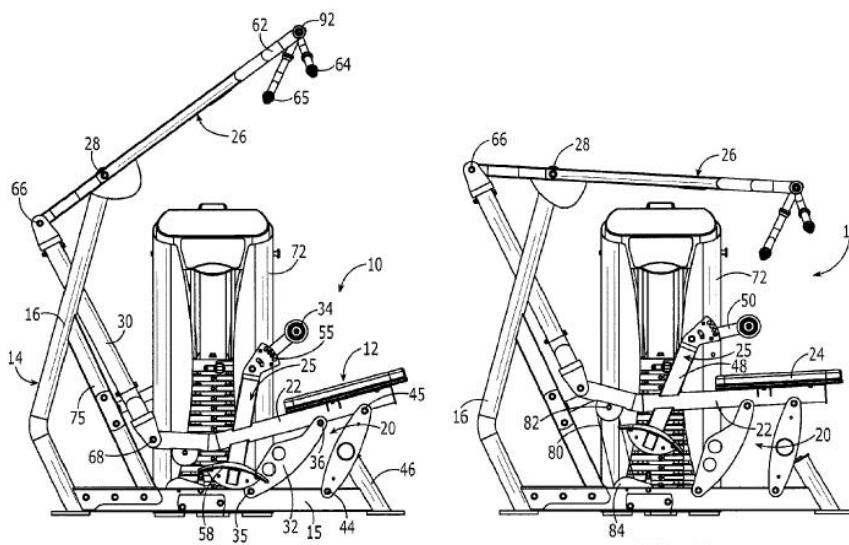
5.1.1 US Patent US 2007/0293377 A1 Uređaj za jačanje m. latissimus dorsi sa samopodešavajućim rotirajućim osloncem



Sprava za jačanje mišićne grupe latissimus dorsi ima samopodešavajuće rotirajuće sjedalo ili oslonac na glavnom okviru i polugu za izvođenje vježbe poput ranije opisanog povlačenja na lat spravi ili poput veslanja, također ranije spomenutog. Poluga za vježbanje je povezana s osloncem preko zgloba kako bi se kretanja mogla prenijeti.

Rotirajući prihvatni mehanizam s četiri šipke koji preko osovine spaja oslonac na glavni okvir konstruiran je tako da se prilagođava kako bi zadržao ispravno pozicioniranje korisnika tokom izvođenja pokreta.

Slika 5.1 US Patent US 2007/0293377 A1 uređaj za jačanje m. latissimus dorsi sa samopodešavajućim rotirajućim osloncem

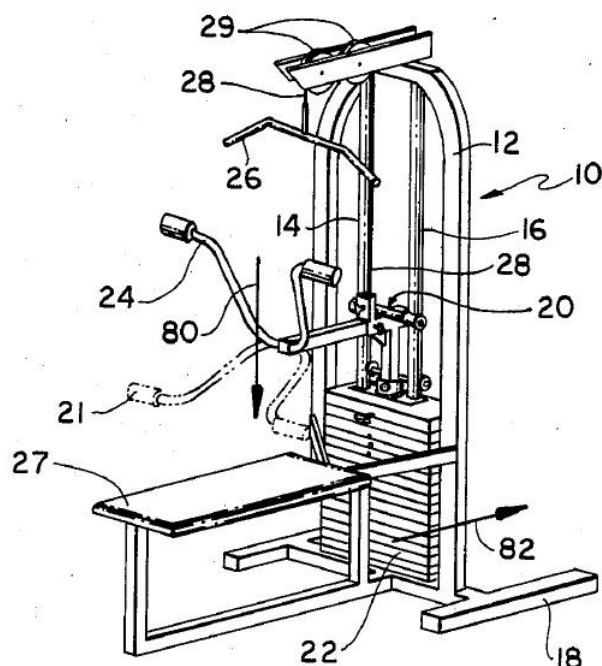


Slika 5.1 a) Položaj na početku vježbe;

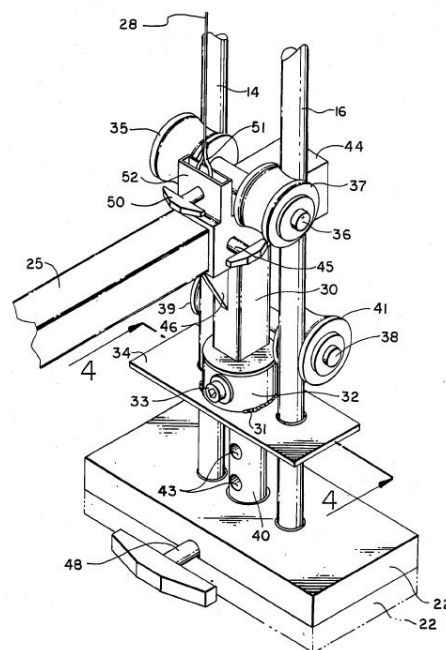
Slika 5.1 b) Položaj na kraju vježbe

5.1.2 US Patent 4,691,916 Sprava sa klizačem

Sprava za vježbanje čiji je klizač izravno spojen na utege. Ležajevi na klizaču se odupiru ekscentričnoj komponenti primjenjene sile, dok šipka za odabir opterećenja povezujući klizač sa utezima te međudjeluje sa slogom utega kako bi ležajeve klizača zadržala u kontinuiranom kontaktu sa gornjim vodilicama po kojima kližu klizač i utezi kada korisnik povlači jednu od šipki.



Slika 5.3 US Patent 4,691,916 Sprava sa klizačem;

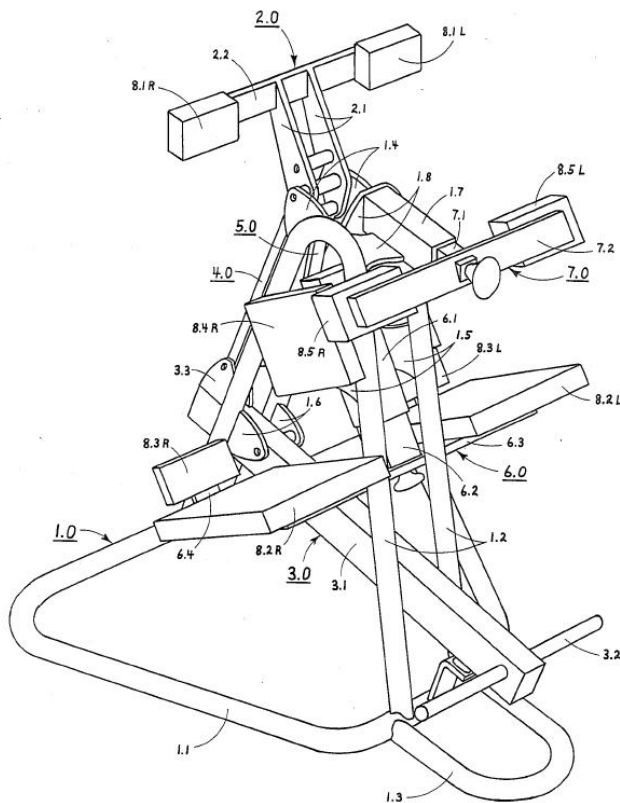


Slika 5.4 Detalj klizača

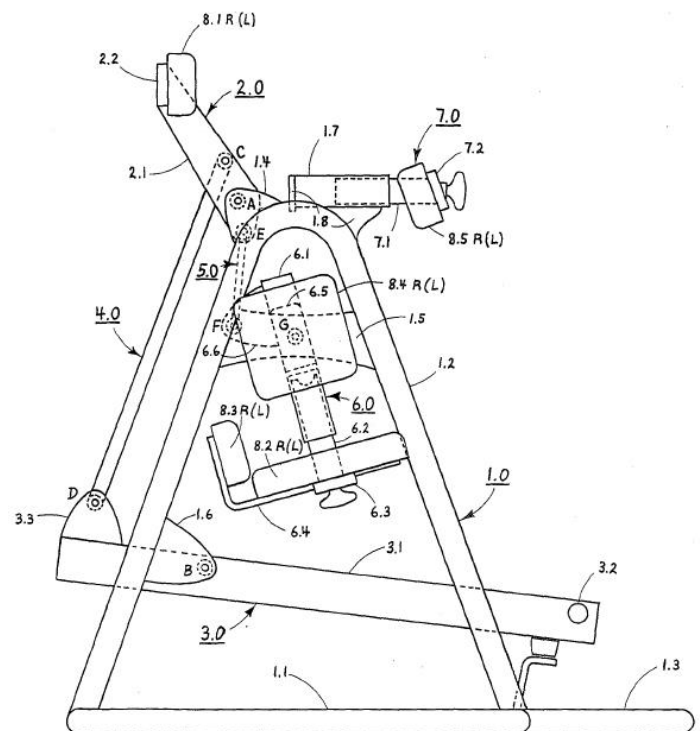
5.1.3 US Patent 4,757,991 Izolacijska sprava za jačanje m. latissimus dorsi

Sprava za vježbanje addukcije ruke koja koristi dvije okvirom vođene mehanički povezane nasuprotno rotirajuće poluge za prijenos opterećenja pomoću kojih se putem kontakta stroja i tijela, tj. stražnjeg dijela nadlaktice i odgovarajućeg bedra korisnika, na mišiće odgovorne za addukciju ruke prenosi promjenjivo opterećenje. Gornja poluga za prijenos opterećenja, koja sadrži kontaktnu površinu preko koje djeluje nadlaktica, rotira oko osi koja je približno zajednička sa sagitalnom osi rotacije korisnikovog ramena. Donja poluga za prijenos opterećenja, na kojoj se nalazi kontaktna površina preko koje je bedro uključeno u vježbu, rotira oko paralelne osi koja se približno podudara sa centrom korisnikovih leđa. Poziciju korisnikovog ramena, koje je u pokretu za vrijeme vježbanja, održava horizontalno podešavajuća kontaktna površina na rami sprave. Ta kontaktna površina uključuje stranu korisnikovog ramena koje miruje i vertikalno podešiv oslonac smješten na donjoj poluzi za prijenos opterećenja na kojem se nalazi sjedalo na kojem korisnik sjedi kad izvodi vježbu iz sjedećeg položaja. Rotirajući sklop poluge za prijenos tereta vođen je okvirom sprave po osi koja je paralelna osi rotacije gornje

poluge za prijenos opterećenja. Rotirajući sklop poluge za prijenos tereta i gornja poluga za prijenos opterećenja su međusobno mehanički povezane vezom koja sa ova dva rotirajuća sklopa i okvirom sprave čini zglobni četverokut. Ovaj zglobni četverokut, zajedno sa rotirajućom polugom za prijenos tereta preko površina oslonaca na koje se naslanjaju nadlaktica i bedro prenose promijenljivo opterećenje koje varira kao funkcija položaja površina oslonaca koja je u međusobnoj svezi sa normalnim kapacitetima korisnika kod primjene opterećenja na nadlakticu ovisno o položaju nadlaktice u vježbi addukcije ruke.



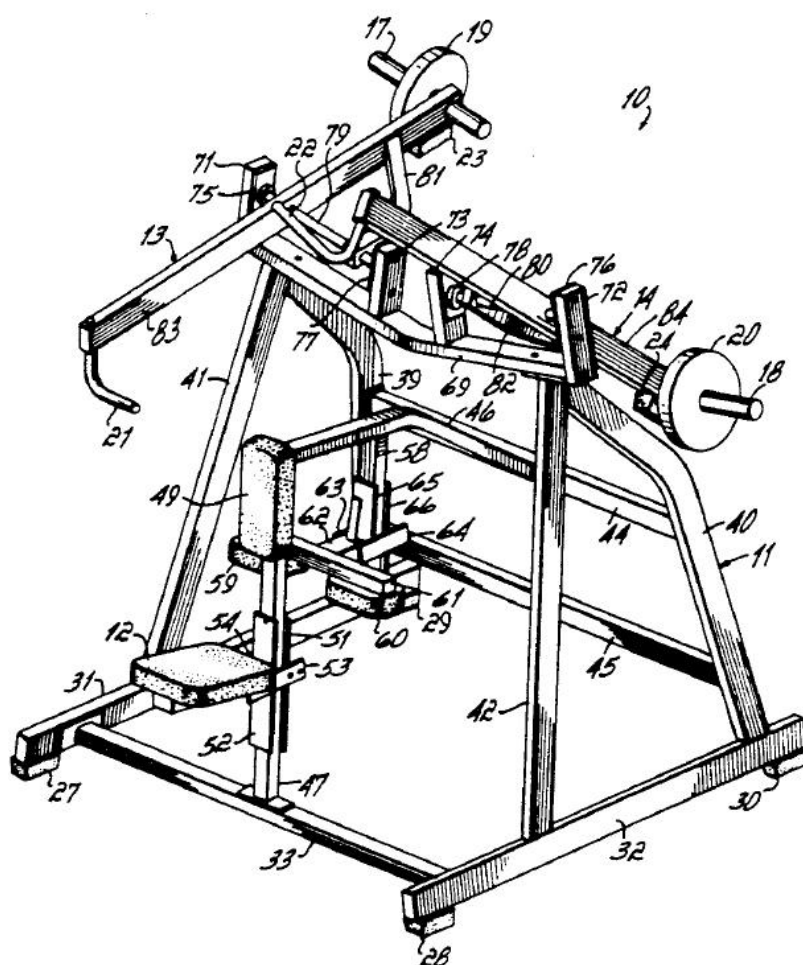
Slika 5.5 US Patent 4,757,991 – izolacijska sprava za jačanje m. latissimus dorsi – izometrijski prikaz



Slika 5.6 US Patent 4,757,991 – izolacijska sprava za jačanje m. latissimus dorsi – nacrt

5.1.4 US Patent 5,373,504 Sprava za vježbu 'povlačenje iza vrata'

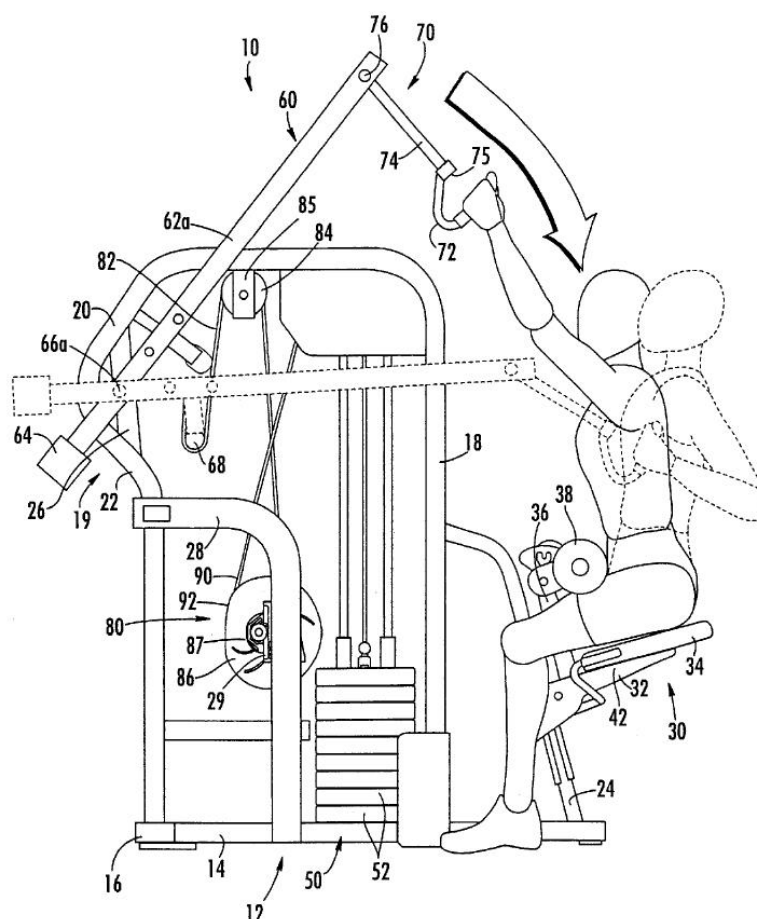
Sprava za vježbu 'povlačenje iza vrata' sastoji se od okvira, sjedala spojenog na okvir na dvaju pivotirajućih poluga spojenih na okvir na suprotnoj strani od sjedala. Korisnik na sjedalu sjedi okrenut licem prema naprijed. Na prednjim se krajevima poluga nalaze glavine koje drže odabrani teret dok se na stražnjim krajevima nalaze ručke pod kutem. Ručke se u položaju mirovanja nalaze iznad glave korisnika (kad je korisnik u sjedećem položaju). Ručke su prilagođene da ih se može dohvatiti iz sjedećeg položaja te povući prema dolje, iza vrata, na način da se pivotiraju poluge u odnosu na okvir kroz ravnine koje se nagnju prema sjedalu. Kako bi se spriječilo podizanje korisnika za vrijeme povlačenja, ispred sjedala su smješteni oslonci na koje se naslanjaju gornji dijelovi bedara.



Slika 5.7 US Patent 5,373,504 Sprava za vježbu 'povlačenje iza vrata'

5.1.5 US Patent US 6,764,378 B2 Sprava na povlačenje za treniranje m. latissimus dorsi

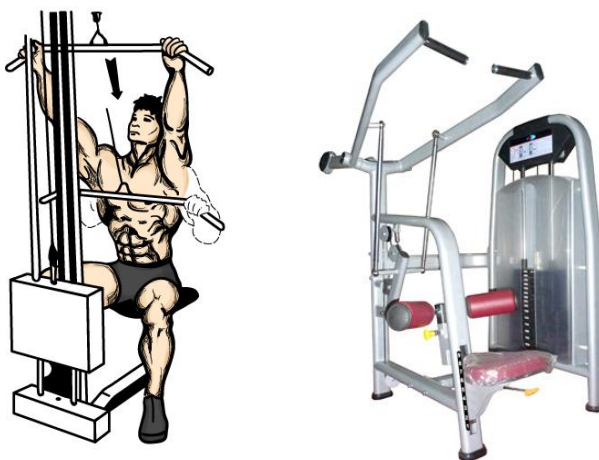
Sprava za vježbanje mišića leđa sadrži: okvir; sklop sjedala spojen na okvir; polugu za pokret pivotalno pričvršćenu na okvir i pokretnu duž linije poteza između gornje prednje pozicije i donje stražnje pozicije; dijela za prijenos opterećenja operativno spojenog sa pokretnom polugom kako bi se omogućio otpor na pokretnu polugu koja se pomiče od prednjeg položaja prema stražnjem; dvije ručke za koje se korisnik hvata; i dva komada za produljenje ručki, od kojih je svaki spojen na odgovarajuću ručku kako bi ručka mogla rotirati oko longitudinalne osi komada za produljenje. Komadi za produljenje su spojeni na polugu za prijenos opterećenja na način da svaki komad za produljenje rotira slobodno barem djelomično u odnosu na longitudinalne, vertikalne i transverzalne osi poluge za prijenos opterećenja. Također, komadi za produljenje su dovoljne duljine i na poluge za prijenos opterećenja su priključeni (uglavnom preko univerzalnog kuglastog zgloba) na način da ručke u krajnjem položaju mogu biti razdvojene najmanje 60 cm. Zbog ovakve konfiguracije sprave, korisnik ima mogućnost izvoditi osnovne vježbe povlačenja za jačanje latissimusa sa bilo kako okrenutim šakama, te može povlačiti ručke u više smjerova ispred prsa i ramena ili izvan prsa i ramena.



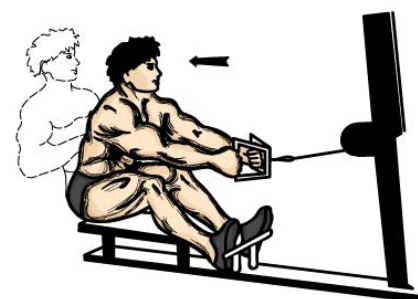
Slika 5.8 US Patent US 6,764,378 B2 – Sprava na povlačenje za treniranje m. latissimus dorsi

5.2 Sprave za vježbanje u fitness centrima

U fitness centrima možemo naići na velik broj različitih sprava za vježbanje mišićne grupe latissimus dorsi, međutim, kao i kod prikazanih patenata u prethodnoj pod cjelini, uglavnom sve sprave tokom izvršavanja vježbe iziskuju pomoć velikog broja sinergista manjeg kapaciteta rada u odnosu na kapacitet latissimusa. Sprave u teretani se uglavnom razlikuju po načinu izvođenja vježbe i prema samoj vrsti vježbe. Kao što je i u poglavlju 3. prikazano to mogu biti zgibovi ili vježbe povlačenja gdje je ovisno o hvatu i položaju ruku izraženija ili addukcija ili ekstenzija ruke (slika 5.9). Javljaju se i razne vježbe veslanja kod kojih je izraženija ekstenzija (slika 5.10).



Slika 5.9 Lat sprave za povlačenje



Slika 5.10 Sprave za veslanje i za ekstenziju nadlaktice

Sprava koju prikazuje slika 5.11 je sasvim drugačija od ostalih ranije spomenutih sprava. „Behind neck“ izolacijska sprava koja je nastala početkom sedamdesetih godina 20. stoljeća je zamišljena kao sprava koja će u što je moguće većoj mjeri umanjiti rad i negativni utjecaj sinergista. Na poluge koje prenose otpor se djeluje izravno nadlakticom, tako da su mišićne grupe brachialis, fleksori i ostali sinergisti nadlaktice, podlaktice i šake isključeni iz obavljanja pokreta. Nedostatak sprave je izostanak fiksirajućih oslonaca koji onemogućavaju mirovanje trupa pri vježbanju, te je os rotacije poluge za prijenos opterećenja upitno pozicionirana. Također ne postoji sustav osiguranja od pomicanja nadlaktice tokom vježbe, a sam oslonac ne prati idealnu trajektoriju točke na nadlaktici na koju se naslanja.

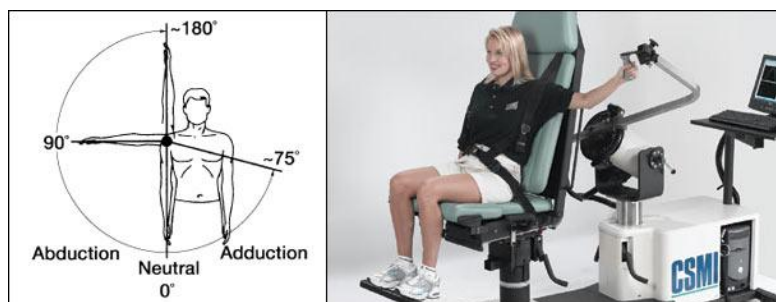


Slika 5.11 „Behind neck“ izolacijska sprava

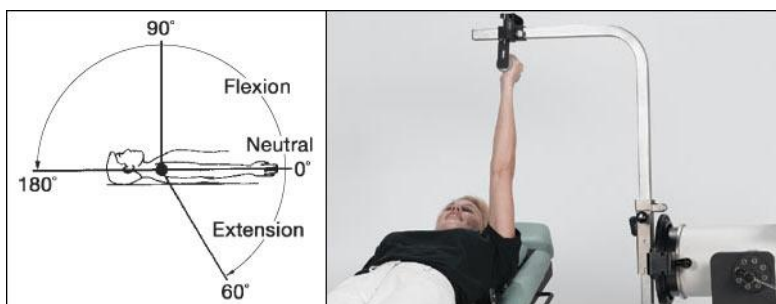
5.3 Izokinetički dinamometri

Izokinetički uređaj omogućava testiranoj osobi razvijanje maksimalne sile tijekom cijelog opsega pokreta uz prilagodbu otpora na bol ili zamor, zbog čega se prilikom mjerenja ne može pojaviti preopterećenje mišića ili zglobnih struktura. Spomenuto je pogotovo važno za rad u okviru medicine sporta ili kineziterapije (funkcionalne rehabilitacije sportskih ozljeda), jer takav sustav testiranja omogućava mjerenje ozlijeđenog sportaša bez rizika preopterećenja ili daljnjeg ozljeđivanja. Ukratko rečeno, izokinetički sustavi omogućavaju pojedinom mišiću da se kontrahira svojim maksimalnim kapacitetom na svim točkama duž cijelog opsega pokreta.

Donedavno su se u izokinetičkim sustavima rabili hidraulički dinamometri, a danas se uglavnom radi o robotskim elektroničkim uređajima (slike 5.12 i 5.13). Oni čine ključan dio ovih sustava, budući da o njima ovisi priroda pokreta koji će se prilikom vježbanja izvesti. Njihovim se podešavanjem mogu ostvariti različiti pokreti, što ovisi o specifičnom stanju svakog pojedinog korisnika, odn. njihovih mišića. To mogu biti izokinetički koncentrično-koncentrični, koncentrično-ekscentrični, ekscentrično-ekscentrični te ekscentrično-koncentrični, odn. izometrični ili izotonični pokreti. Ovisno o stanju korisnika, vježbanje može biti pasivno, asistirano ili aktivno, a brzina pokreta do $500^\circ/\text{s}$, s tim da se pri brzinama većim od $300^\circ/\text{s}$ vrlo teško ostvaruje željena sila. Ipak, ove su brzine i dalje značajno manje od onih koje se javljaju tijekom realnih sportskih aktivnosti. Ipak, izokinetička brzina nije funkcionalno normalna, budući da se niti jedna mišićna kontrakcija ne odvija pri konstantnoj brzini, već varira, ovisno o zadaći koju mišić obavlja.



Slika 5.12 Izokinetički dinamometar – abdukcija, addukcija



Slika 5.13 Izokinetički dinamometar – fleksija, ekstenzija

6. TEHNIČKI UPITNIK I DEFINICIJA PROBLEMA

6.1 Tehnički upitnik za definiranje cilja razvoja proizvoda

1. Što je stvarni problem koji treba riješiti?

Potrebno je osmisliti uređaj za kondicioniranje koji će u što većoj mjeri, sa što manjim brojem uključenih sinergista, pojačati intenzitet djelovanja mišićne grupe latissimus dorsi

2. Koja implicitna očekivanja i želje je potrebno uključiti u razvoj?

Uređaj mora biti jednostavan za uporabu, mobilan i samostojeći. Potrebno je voditi računa o sigurnosti korištenja, ergonomiji, jednostavnom prilagođavanju antropometriji korisnika, te higijeni

3. Da li su pretpostavljene potrebe korisnika, funkcionalni zahtjevi i ograničenja zaista realni?

Realni su uz povišenje cijene uređaja

4. U kojim smjerovima postoje mogućnosti za kreativni razvoj i inventivno rješavanje problema?

Jednostavno i samostalno korištenje, vježbanje i tumačenje rezultata, kontroliran proces vježbanja i napredka, regulacija amplitude pokreta, izmjenjivost dijelova - slučaj modularnog sustava, mehanizam prijenosa opterećenja koji prati trajektoriju određene točke ruke, centar rotacije sustava za prijenos opterećenja mora biti podudaran sa trenutnim centrom rotacije (zglobom) ruke

5. Ima li limita na kreativnost u razvoju?

Cijena, gabariti uređaja, mobilnost uređaja, prilagođavanje antropometriji korisnika, omogućavanje podudaranja centara rotacije sustava za prijenos opterećenja i ramenog zgloba korisnika

6. Koje karakteristike/svojstva proizvod nužno mora imati?

Mjerenja moraju biti precizna, a rezultati jasni, doziranje sile mora biti precizno, treba postojati mogućnost regulacije amplitude pokreta, uređaj mora imati sigurnosni mehanizam, prilagodljivost i fiksacija korisnika, naležna površina sustava za prijenos opterećenja mora pratiti trajektoriju točke ruke koja se naslanja na naležnu površinu, centar rotacije sustava za prijenos opterećenja mora biti podudaran sa trenutnim centrom rotacije (zglobom) ruke

7. Koji karakteristike/svojstva proizvod sigurno ne smije imati?

Komplicirano rukovanje, pokret ne smije početi iz potpuno ispruženog položaja ruke u ramenu

8. Koji se aspekti razvoja mogu i trebaju kvantificirati u ovom trenutku?

Analizirati isplativost uređaja kao modularnog, bez sustava doziranja opterećenja i sustava promijenjivog opterećenja i sa tim sustavima

9. Da li su razvojni zadaci postavljeni na prikladnoj razini apstrakcije?

Želi se postići jačanje mišićne grupe m. latissimus dorsi, općenito, ili u smislu rehabilitacije, uz potpunu kontrolu pokreta, izbjegavanje ozljeda te mogućnost praćenja napretka.

10. Koji su tehnička i tehnološka ograničenja naslijeđena iz prethodnog iskustva sa sličnim proizvodom?

Cijena, problem da li se izokinetički princip vježbe može ostvariti mehaničkim uređajem kojim ne upravlja skupi dinamometar i software, te kako na taj način (mehanički) postići optimalno opterećenje mišića bez pojave ozljeda,

6.2 Definicija cilja za razvoj proizvoda

DEFINICIJA CILJA ZA RAZVOJ PROIZVODA	Naziv projekta: Sprava za jačanje mišićne grupe latissimus dorsi	Datum: 19.3.2009.
Opis proizvoda:		
Sprava za jačanje mišićne grupe m. latissimus dorsi		
Primarno tržište:		
<ul style="list-style-type: none"> - Fitness centri, sportski centri, wellness centri 		
Sekundarno tržište :		
<ul style="list-style-type: none"> - Rehabilitacijske klinike - Privatna kućanstva 		
Koje karakteristike se podrazumijevaju:		
<p>Uređaj mora biti samostojeći, jednostavan za uporabu i mobilan, jednostavan za korištenje, mora posjedovati sigurnosni mehanizam. Treba omogućiti prilagodljivost i fiksaciju pacijenta, regulaciju amplitude pokreta, nelinearnu krivulju promjene opterećenja. Naležna površina sustava za prijenos opterećenja mora pratiti trajektoriju točke nadlaktice koja se naslanja na naležnu površinu.</p>		
Ciljane grupe korisnika:		
<ul style="list-style-type: none"> - Sportaši - Pacijenti u rehabilitacijskom procesu 		
Pravci kreativnog razvoja:		
<p>Modularni sustav (mogućnost priključivanja različitih sustava opterećenja i regulacije opterećenja), regulacija amplitude pokreta, sustav prijenosa opterećenja koji prati trajektoriju točke na nadlaktici koja je u kontaktu sa sustavom</p>		
Limiti projekta:		
<p>Cijena, gabariti uređaja, uređaj mora u što većoj mjeri isključiti rad mišića sinergista, mobilnost uređaja, prilagođavanje antropometriji korisnika (pogodan i za djecu i za odrasle)</p>		

6.3 Smjernice daljeg razvoja

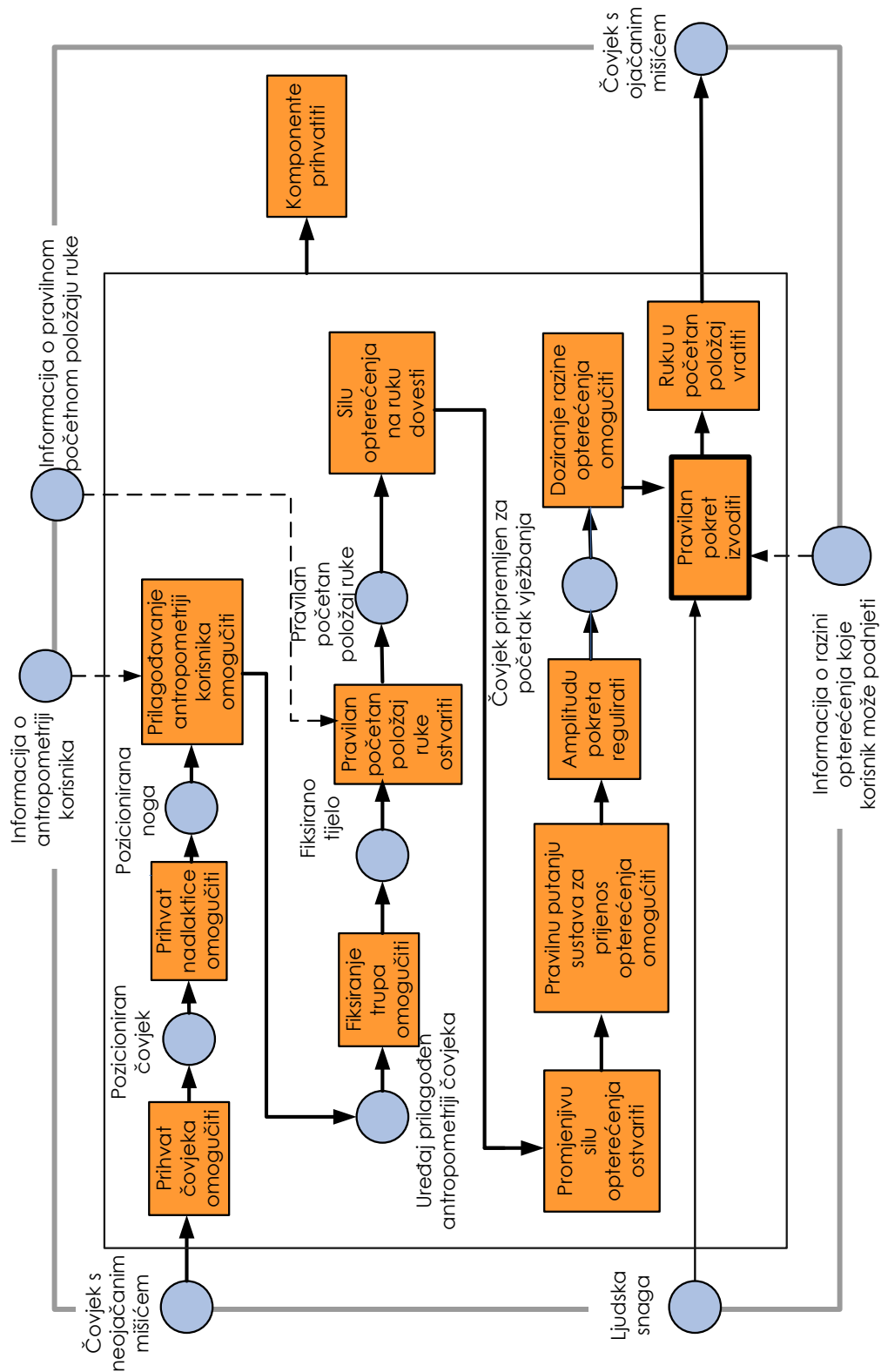
Na temelju do sada izloženih činjenica te zbog glavnog zahtjeva na spravu, tj. da se pri kondicioniranju vodi računa o uključivanju što manjeg broja sinergista nepovoljnog učinka uslijed ranijeg zasićenja sinergista manjeg radnog kapaciteta, bitnije je osmisлити mehanizam prijenosa opterećenja koji će optimalno opteretiti latissimus te koji isključuje te sinergiste, nego sam sustav opterećenja i sustav za njegovu regulaciju. Iz tog razloga sustav opterećenja i sustav njegove regulacije ispadaju iz domene dalje razrade, te se po potrebi može razviti modularno.

Sustav prijenosa opterećenja je taj koji omogućava ostvarenje glavnog zahtjeva. Kako bi se rasteretilo što je moguće više sinergijskih grupa, bitno je osmisлити adekvatno prihvatno mjesto na spravi koja će to omogućiti. Također je bitno definirati kojim dijelom tijela, tj. kojom će se polugom tijelo dovesti u interakciju sa spravom. Kroz pregled postojećih sprava i tehničkih rješenja, korisnik spravu uglavnom pokreće tako da ju primi šakama. Kod takve vrste interakcije sa trenažnom spravom fleksori podlaktice i prstiju nepovoljno utječu na kondicioniranje latissimusa. Kako bi se ti nepovoljni utjecaji 'eliminirali' ideja je da korisnik ne „grabi“ interaktivni dio trenažne sprave šakama, već se nadlakticom „naslanja“ na posebno za to namijenjeno mjesto na spravi. Na taj su način pri izvođenju pokreta podlaktica i šaka potpuno nepotrebne te je nepovoljan utjecaj mišićnih skupina odgovornih za njihovo ispravno funkcioniranje smanjen do najmanje moguće mjere. Stoga, zbog ovih i svih ranije navedenih razloga u radu tokom dalje razrade treba voditi računa o:

- Jednostavnosti postavljanja i osposobljavanja za korištenje
- Stabilnosti sprave (samostojeća)
- Jednostavnosti korištenja (podešavanja visine, položaja, opterećenja...)
- Adekvatnom prihvatnom mjestu
- Načinu da prihvatno mjesto svojom putanjom prati putanju poluge
- Sprječavanju mogućnost ispadanja nadlaktice sa prihvatnog mjesta
- Oblikovanju prihvatnog mjesta na način da omogući rasterećenje sinergijskih mišićnih grupa manjeg kapaciteta u što većoj mjeri
- Koncipiranju sprave na način da je agonistička mišićna grupa opterećena najvišim intenzitetom u odnosu na ostale grupe
- Osiguravanju ostalih poluga i zglobnih mehanizama koji ne sudjeluju u pokretu od pomicanja
- Osiguravanju inicijalnog kuta u zglobu radi sprječavanja pojave prevelikih sila u mišićnim vlaknima što može dovesti do ozlijede
- Antropometrijskoj osjetljivosti, prilagodljivosti i prikladnosti
- Razini kompliciranosti korištenja sprave (razina apstrakcije sprave)
- Sigurnosti sprave za korisnika (osiguranti adekvatan opseg pokreta, postojanje kočnice kao sigurnosnog mehanizma koji ne dozvoljava da na korisnika štetno djeluje preveliko zadano opterećenje)
- Autonomiji korištenja sprave (da li je spravu moguće koristiti samostalno ili je za njeno korištenje potrebna pomoć)




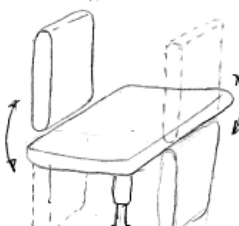

7. FUNKCIJSKO MODELIRANJE PROIZVODA: UREĐAJ ZA JAČANJEMIŠIĆNE GRUPE M. LATISSIMUS DORSI

Modeliranje funkcija pomoću toka

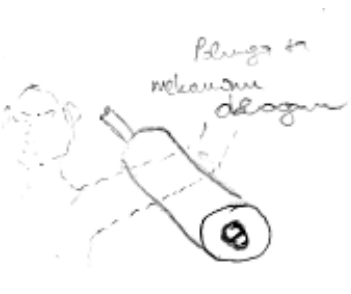



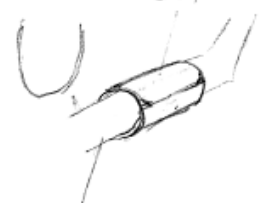


Slika 7.1 Funkcijska struktura uređaja


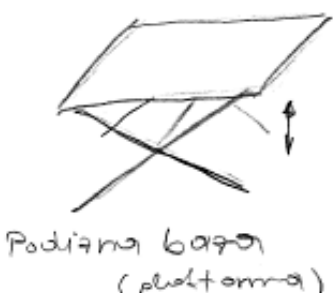
8. MORFOLOŠKA MATRICA

1. Prihvat čovjeka omogućiti		
1	2	3
 <p>Stolica s podiznim napredno-nazad</p>	 <p>Stolica s podiznim nastavom i cilindričnom za pokrivačnom vintu</p>	 <p>Stolica s podiznim p nastavom</p>
4	5	
 <p>Stolica sa 2 podiznim nastavom i pokrivačnom vintu</p>	<p>(S + nastav)</p>  <p>može se sjediti na bilo koje strane, opona može imati samo jedan sustav prijenosu opterećenja, konstrukcija se može izvesti zasebno</p>	


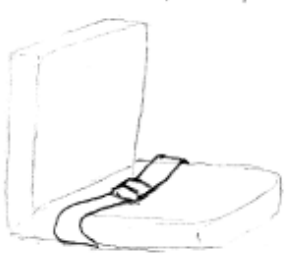

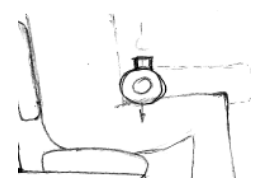
Tablica 8.1 Prihvat čovjeka omogućiti

2. Prihvat nadlaktice omogućiti		
1	2	3
 <p>Prluga i mekaničar</p>	 <p>Elipse</p>	 <p>Otklon</p>
4	5	
 <p>Prluga sa ravnom podlogom</p>	<p>1,2 ili 3 s hrapavom podlogom</p>	
		6
		 <p>MANŠETA SA ČIČKOM</p>

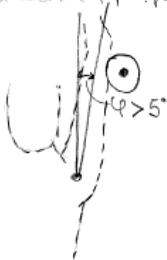

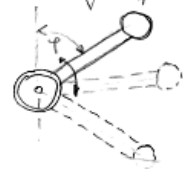
Tablica 8.2 prihvat nadlaktice omogućiti

3. Prilagođavanje antropometriji korisnika omogućiti	
A – prihvat (stolica)	B – mehanizam prijenosa opterećanja
1 Naslon podesiv po visini / nagibu	1 
2 Stolica podesiva po visini / dubini	2  Podizna baza (plaktona)
3 Stolica podesiva lijevo / desno	



Tablica 8.3 Prilagođavanje antropometriji korisnika omogućiti

4. Fiksiranje trupa omogućiti		
1 Pomoćni naslon fiksator natkoljenica		
2 podpora strani trupa suprotnoj onj na kojoj je ruka koja radi pokret. 	3 opcionalni remen protiv podizanja trupa 	4  Ručka za prihvat
5 1 i 2	6 1, 2 i 3	7 


Tablica 8.4 Fiksiranje trupa omogućiti

5. Pravilan početni položaj ruke ostvariti		
1 <p>pravičan početni položaj odgurnutost sustava za prijem opterećenja svojim oblikom i po. položajem</p> 	2 <p>ručno podizanje početnog kuka</p> 	3 <p>Elektronički monitor sustava prijema opterećenja odrediti početni kut</p> 

Tablica 8.5 Pravilan početni položaj ruke ostvariti

6. Silu opterećenja na ruku dovesti	
1 <p>teledinamička poluga + naslon</p> <p>M (opterećenje)</p> <p>naslon</p> 	2 <p>razjela preko koloture</p> 

Tablica 8.6 Silu opterećenja na ruku dovesti

7. Promjenjivu silu opterećenja ostvariti		
1 <p>MEHANIČKI</p> <p>GREEN</p> 	2 <p>Izokinetički elektronski dinamometar</p>	3 <p>Izokinetički hidraulički dinamometar</p>

Tablica 8.7 Promjenjivu silu opterećenja ostvariti

8. Amplitudu pokreta regulirati		
1	Amplituda pokreta regulirana oblikom sustava za primarni poticaj	Amplituda pokreta regulirana torzionom oprugom
2	Amplituda pokreta regulirana oblikom sustava za primarni poticaj	Amplituda pokreta regulirana torzionom oprugom
3	Amplituda pokreta regulirana oblikom sustava za primarni poticaj	Amplituda pokreta regulirana torzionom oprugom
4	Servo elektromotor regulira pokret	
5	Regulacija graničnicima	

Tablica 8.8 Amplitudu pokreta regulirati



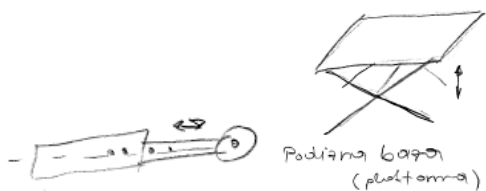

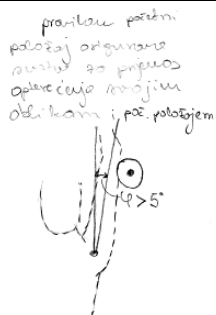
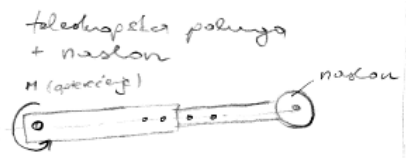

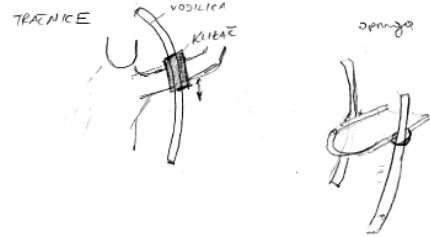
9. Pravilnu putanju omogućiti	
1	2
3	4
5	6
7	8

Tablica 8.9 Pravilnu putanju omogućiti

9. Koncepti

9.1 Koncept 1

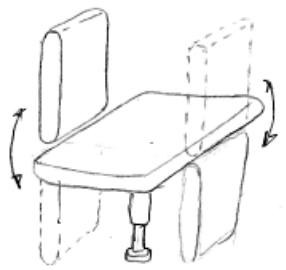



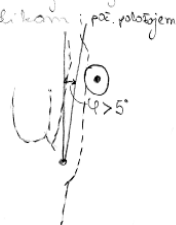
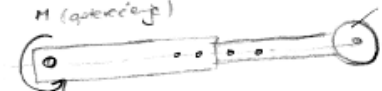
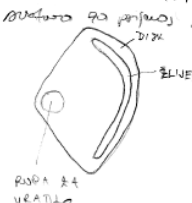
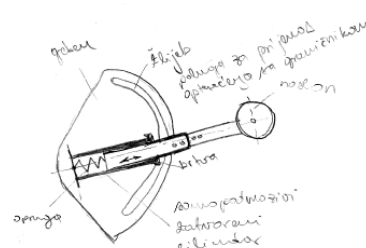
Prvi koncept čiji su segmenti iz morfološke matrice prikazani tablicom 9.1 je jednostavan koncept sprave izveden na način da korisnik vježbu izvodi u stajaćem položaju pri čemu se stražnjim dijelom tijela naslanja na vertikalni naslon. Nadlakticu oslanja na žlijebasti naslon koji je dio teleskopski prilagodljivog sustava za prijenos opterećenja, te koji svojim početnim položajem na spravi u odnosu na trup korisnika osigurava pravilan početak pokreta i ograničava amplitudu pokreta. Sprava je antropološki prilagodljiva antropomjerama korisnika produljenjem ili skraćivanjem teleskopski izvedene poluge za prijenos opterećenja te pomičnom platformom na kojoj korisnik za vrijeme izvođenja vježbe stoji, te koja svojim podizanjem ili spuštanjem osigurava da su osi vrtnje sternoklavikularnog zgloba korisnika i centra rotacije poluge za prijenos opterećenja približno podudarne. Ovaj koncept je zamišljen na način da korisnik može izvoditi pokret simultano s obje ruke ili zasebno svakom rukom. U slučaju da korisnik vježba samo jednom rukom, potrebno je osigurati fiksaciju trupa kako ne bi došlo do nepoželjnog pomicanja trupa što može rezultirati nepoželjnim efektima na proces vježbe. U ovom je slučaju ta fiksacija osigurana odgovarajućim bočnim naslonom. Opterećenje i regulacija opterećenja u domeni ovog rada nisu dio razmatranja. Bitno je samo napomenuti da bi bilo poželjno da se opterećenje izvede po izokinetičkom principu prijenosa opterećenja. Bilo mehanički, bilo izokinetičkim dinamometrom. Pravilnu putanju nadlaktice tokom izvođenja pokreta i konstantan kontakt nadlaktice sa spravom omogućava klizač koji klizi po dvijema tračnicama. Tračnice su oblikovane prema ranije snimljenoj trajektoriji prikazanoj u poglavlju 4.2. Tračnice vode oslonac o koji se opire nadlaktica korisnika.

1. Prihvat čovjeka omogućiti	2. Prihvat nadlaktice omogućiti
 skica okvira p. nosača	 čeljust
3. Prilagođavanje antropometriji korisnika	4. Fiksiranje trupa omogućiti
 Podizna baza (platforma)	 pomoć držati trupa puzračnoj ovoj na kojoj je ručka koja radi podetok. bočni okosnice
5. Pravilan početni položaj ostvariti	6. Silu opterećenja na ruku dovesti
 pravilan početni položaj držanja ručke po pravcu opterećenja ručnom držanjem 14° > 5°	 teleskopska ručka + naslon H (opterećenje)
7. Promjenjivu silu opterećenja ostvariti	
Modularno	
8. Amplitudu pokreta regulirati	9. Pravilnu putanju za prijenos opterećenja omogućiti
 Amplituda pokreta regulirana držanjem ručke po pravcu opterećenja RUČKA ZA VRAĆENJE	 TRAKICE VODILICA KUPAČ opterećenje

Tablica 9.1 Koncept 1: odabrana rješenja iz morfološke matrice

9.2 Koncept 2




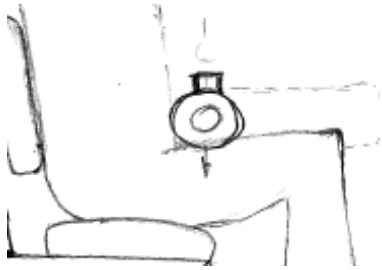
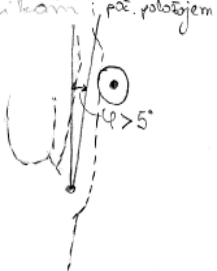
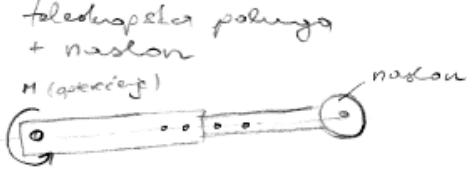
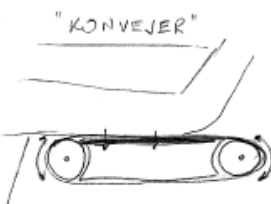
Za razliku od prethodnog, ovaj koncept je zamišljen na način da korisnik vježbu izvodi sjedeći. Nadlakticu oslanja na naslon sa ravnom površinom koja je dio poluge sustava za prijenos opterećenja. Budući da je za pravilno izvođenje pokreta nužan ispravan položaj, u ovom slučaju sjedenja u odnosu na spravu, te koliko je moguće podudarnosti osi sternoklavilukarnog zgloba i osi rotacije poluge za prijenos opterećenja, antropološke prilagodbe su u ovom konceptu izvedive na način da se sjedalo na kojem korisnik sjedi može spuštati i podizati. Kako je sprava u ovom konceptu zamišljena da korisnik vježba zasebno svaku stranu mora se na sjedalu okrenuti za 180° da bi istom polugom za prijenos opterećenja vježbao drugom rukom. Način na koji sjedalo omogućava takvu prilagodbu je prikazan u prvom polju tablice 9.2, tj. rješenje sa naslonom koji se može potpuno preklopiti. Također, zbog načina vježbanja zasebno svakom rukom i zbog različitih antropoloških karakteristika korisnika sjedalo mora imati mogućnost pomicanja lijevo – desno. Na taj način se uz podizanje i spuštanje sjedala osigurava približna podudarnost sternoklavikularnog zgloba i osi rotacije poluge za prijenos opterećenja. Poluga za prijenos opterećenja je kao i u prethodnom konceptu teleskopski podesiva. Budući da je zamišljeno zasebno vježbanje svakom rukom, način fiksacije mora spriječiti bočno pomicanje kao reakciju na opterećenje dovedeno sa jedne strane trupa što je ovdje osigurano bočnim osloncem. Također se fiksacijom mora spriječiti vertikalno podizanje trupa što je ovdje izvedeno remenom. Pravilan početni položaj i ograničavanje amplitude pokreta su osigurani oblikom sustava za prijenos opterećenja koji pravilnu trajektoriju omogućava na način da klizač koji se nalazi na teleskopski oblikovanoj poluzi za prijenos opterećenja klizi po žlijebu koji je također oblikovan po uzoru na trajektoriju prikazanu na slici 4.16 u poglavlju 4.2. Sustav prijenosa opterećenja je ostavljan na razmatranje te nije dio domene rada.

1. Prihvat čovjeka omogućiti	2. Prihvat nadlaktice omogućiti
<p>Ostalo sa 2 podiznim naslonima i prilagođenim vrhovima</p> 	<p>Poklop sa ravnom dnošom</p> 
3. Prilagođavanje antropometriji korisnika	4. Fiksiranje trupa omogućiti
<p>A – kombinacija 1,2 i 3</p> 	<p>podizna strana trupa suprotnoj onoj na kojoj je ručka koja radi pokret.</p> <p>bočni oklopi</p> <p>opcionalni remen protiv podizanja trupa</p> 
5. Pravilan početni položaj ostvariti	6. Silu opterećenja na ruku dovesti
<p>pravilan početni položaj odgovarajućeg ravnog površine opterećenja ravnim oblikom po položajem</p> <p>$\alpha > 5^\circ$</p> 	<p>teleskopska poklopica + naslon</p> <p>M (opterećenje)</p> <p>naslon</p> 
7. Promjenjivu silu opterećenja ostvariti	
Modularno	
8. Amplitudu pokreta regulirati	9. Pravilnu putanju za prijenos opterećenja omogućiti
<p>Amplituda pokreta regulirana oblikom površine za prijenos opterećenja</p> <p>BLUES</p> <p>ROPA SA VRAĆENOM</p> 	<p>gled</p> <p>ključ</p> <p>podizna strana za prijenos opterećenja na površinu kuka</p> <p>traka</p> <p>konstrukcijski zahtjevi i izbor</p> 

Tablica 9.2 Koncept 2: odabrana rješenja iz morfološke matrice

9.3 Koncept 3

Poslijednji koncept čiji su segmenti prikazani tablicom 9.3 je osmišljen na način sličan prethodnome uz nekoliko bitnih razlika. Naime, za razliku od prethodnog koncepta koji je zamišljen da se vježba svakom rukom zasebno, ovaj je koncept zamišljen da se vježba simultano sa obje ruke. Fiksacija koja onemogućava vertikalni pomak je izvedena pomoću pomičnog fiksatora koji korisnika čvrsto drži na mjestu, te se naslanja na trup i natkoljenice kod njihovog pregiba. Pravilan početni položaj, kao i ciljanu amplitudu pokreta ograničavaju poprečni graničnici koji su izvedeni na način da omogućuju jačanje ciljane zone unutar same mišićne grupe. Površina na koju se korisnik svojom nadlakticom naslanja i o koju se opire je također kao i u prethodnom slučaju ravna. Bitna razlika u odnosu na prethodni koncept je ideja sustava koji osigurava pravilnu trajektoriju nadlaktice te koji tokom kompletne amplitude pokreta osigurava pravilan i stalan kontakt nadlaktice sa sustavom prijenosa opterećenja. Taj je sustav osmišljen na način da funkcionira kao konvejer sa pokretnom trakom sa kojom se nadlaktica pomiče, te na taj način osigurava kontinuitet prijenosa opterećenja na nadlakticu korisnika.

1. Prihvat čovjeka omogućiti	2. Prihvat nadlaktice omogućiti
	
3. Prilagođavanje antropometriji korisnika	4. Fiksiranje trupa omogućiti
<p>A – kombinacija 1,2 i 3</p> 	
5. Pravilan početni položaj ostvariti	6. Silu opterećenja na ruku dovesti
<p>pravilan početni položaj odgovara nastat. za prienos opterećenja krozim oblikom i pol. položajem</p> 	<p>teledinamička pokretnost + naslon</p> 
7. Promjenjivu silu opterećenja ostvariti	
Modularno	
8. Amplitudu pokreta regulirati	9. Pravilnu putanju za prienos opterećenja omogućiti
<p>Regulacija graničnicima</p>	

Tablica 9.3 Koncept 3: odabrana rješenja iz morfološke matrice

9.4 Odabrani koncept

Sva tri navedena koncepta imaju svoje prednosti i nedostatke. Primjerice, prvi koncept predstavlja spravu kod koje se pokret izvodi iz stajaceg položaja. U tom slučaju, radi same prirode vježbe, položaj izvođenja vježbe uvelike otežava pravilnu fiksaciju trupa korisnika. Također, pravilno pozicioniranje korisnika iziskuje podiznu platformu što zajedno sa fiksacijom bitno poskupljuje uređaj. Stoga je prvi koncept odbačen za dalju razradu.

Koncept 2 zbog svoje prirode vježbanja svakom rukom zasebno, iziskuje kompliciran način fiksacije i inicijalnog podešavanja za pravilno izvođenje pokreta i u horizontalnom i vertikalnom smjeru, što također poskupljava konstrukciju i kao takav je odbačen iz dalje razrade.

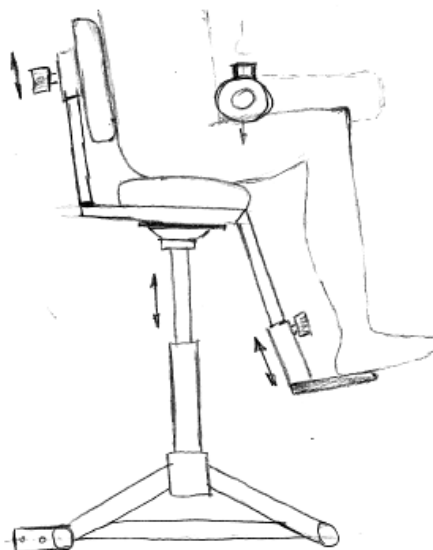
Kao najprihvatljivije rješenje ostaje treći koncept. Koncept sprave koja je zamišljena da se pokret na njoj izvodi simultano sa obje ruke, pri čemu izostaje potreba za bočnom fiksacijom i problematičnim inicijalnim podešavanjem sjedala u horizontalnoj ravnini. Velika je prednost sustav poluga za prijenos opterećenja koji kao podlogu o koju se korisnik svojom nadlakticom opire ima izvedenu na način da je ta površina pokretna te tako osigurava kontinuitet kontakta tokom cijelokupnog pokreta. Cjelokupno konceptualno rješenje sprave se može podijeliti na nekoliko cjelina koje je važno zasebno objasniti.

9.4.1 Sjedalo

Kompletno sjedalo sa fiksacijom i postoljem prikazano na slici 9.1 je izvedeno na način da korisnik na njega ne sjeda uobičajeno kao što sjeda na običnu stolicu, naslanjajući nogu na sjedište skoro do koljena, već na način prikazan na slici 9.2. Time se uglavnom osigurava da stolica odgovara antropomjerama većeg broja ljudi nego što bi odgovarala obična stolica, te također umanjuje negativan utjecaj potencijalne kontrakcije mišića stražnje lože koja se može spontano desiti uslijed opiranja velikim opterećenjima.

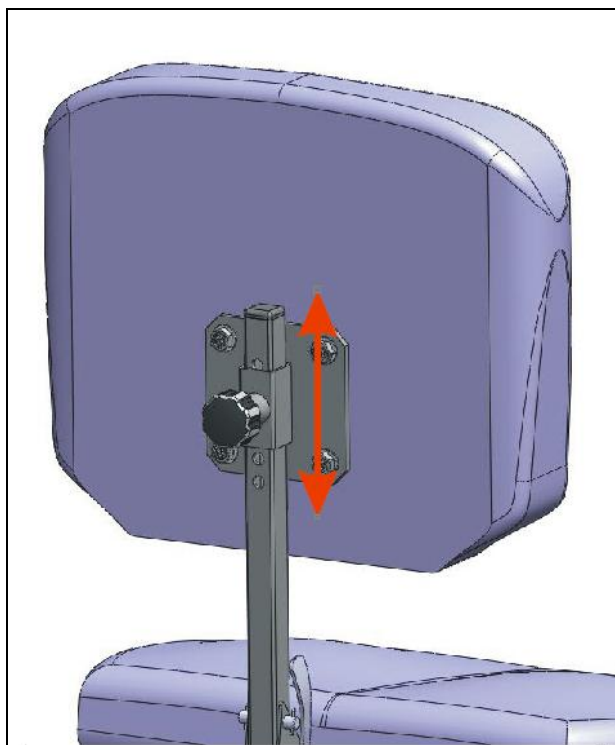


Slika 9.1 Konceptualni model sjedala

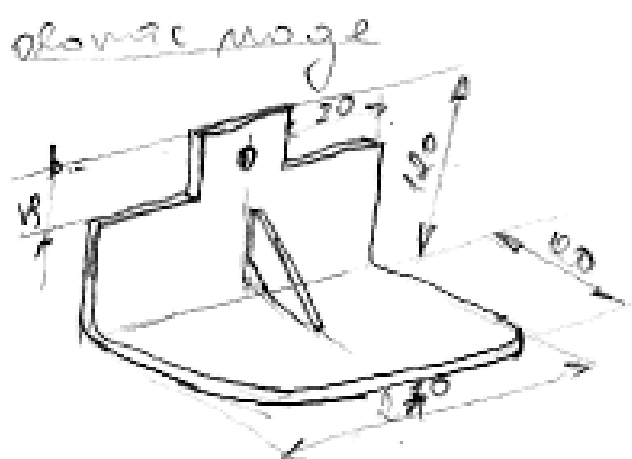


Slika 9.2 Skica sjedala i smjerova podešavanja

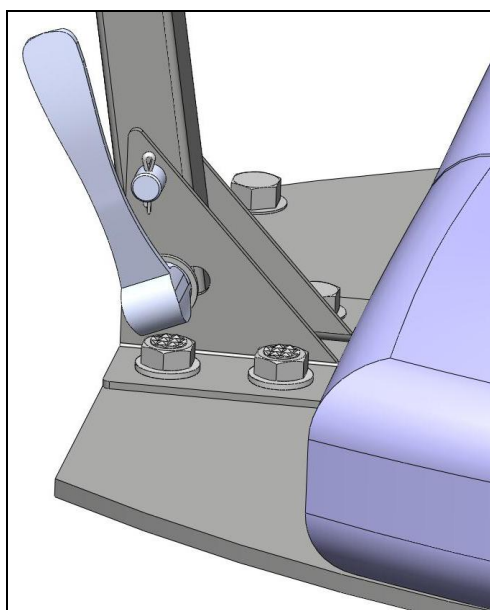
Iako je inicijalno zamišljeno sjedalo imalo mogućnost podešavanja sjedišta, naslona (slika 9.3) i oslonca za noge (slika 9.4) po visini (slika 9.2), konačna inačica uz mogućnost podešavanja po visini ima mogućnost podešavanja nagiba naslona i nagiba oslonca za noge (slike 9.5 i 9.6).



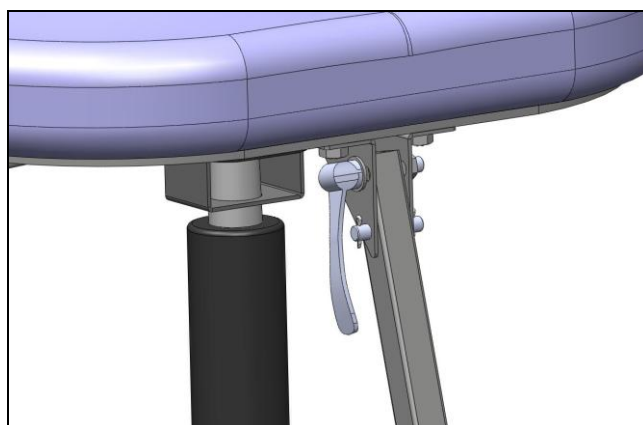
Slika 9.3 Detalj podešavanja naslona po visini



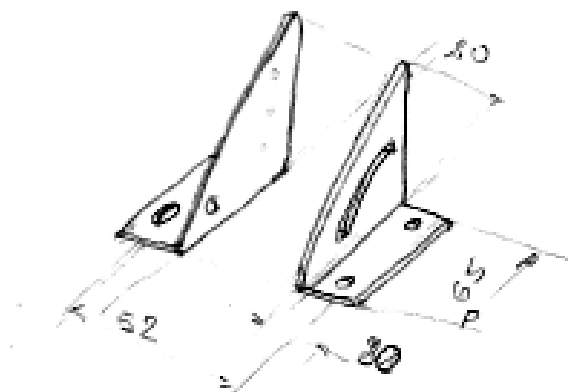
Slika 9.4 Skica oslonca za noge



Slika 9.5 Detalj podešavanja nagiba naslona



Slika 9.6 Detalj podešavanja nagiba oslonca za noge



Slika 9.7 Skica nosača koji omogućuje zakret poluga naslona i oslonca za noge

Podešavanje ukupne visine sjedala je izvedeno korištenjem plinskog cilindra. Povlačenjem ručice smještene u kućištu mehanizma cilindra sjedalo se kontrolirano spušta na željenu visinu, a obrnutim pomicanjem ručice, tj. pumpanjem zraka u cilindar sjedalo se nazad podiže. Odabran je standardan kruti cilindar sa zaštitom od vertikalnog pomicanja i okretanja oko uzdužne osi. Cilindar je na donjoj strani uglavljen u konstrukciju postolja, dok je klip uglavljen u kućište mehanizma za spuštanje i podizanje te preko tog kućišta pričvršćen na podlogu sjedišta (slika 9.9). Slika 9.8 prikazuje konstrukciju postolja koje ima mogućnost podešavanja nagiba, zbog nesavršenosti podloge, pomoću zavrtanja koničnih nožica na samokočnom trapeznom vijku.

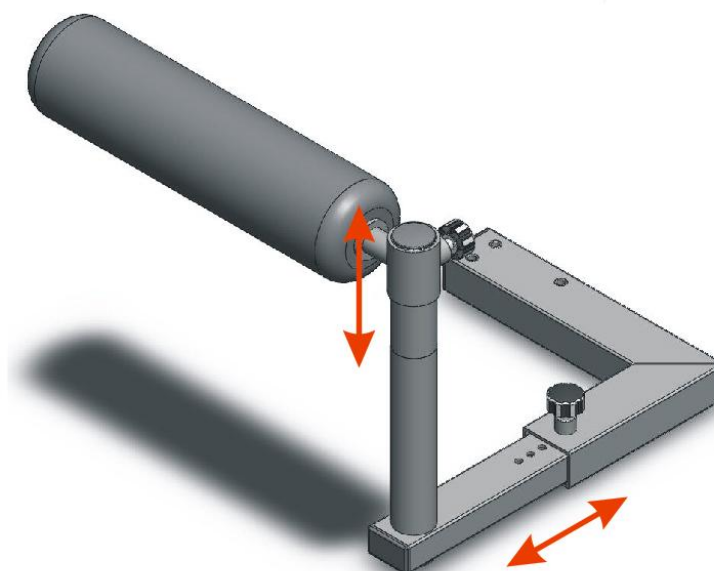


Slika 9.8 Postolje sjedala



Slika 9.9 Postolje, cilindar i mehanizam sa ručicom

Bitan dio sjedala je sustav za fiksaciju trupa (slika 9.10). Sustav za fiksaciju je pomičan vertikalno i horizontalno od i prema korisniku, te je tako antropometrijski prilagodljiv širokom broju korisnika. Konstruiran je na način da sprječava vertikalno podizanje trupa uslijed opiranja velikim naprezanjima narinutima na nadlaktice korisnika od strane sprave, te sprječava potencijalna „odguravanja“ od naslona, do kojih također može doći uslijed opiranja naprezanju.

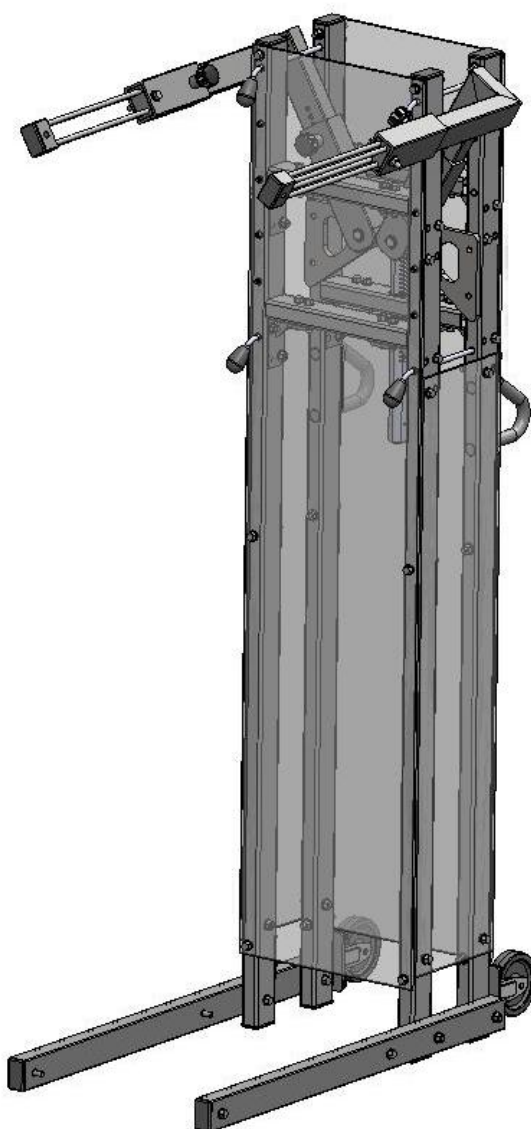


Slika 9.10 Sustav za fiksaciju trupa

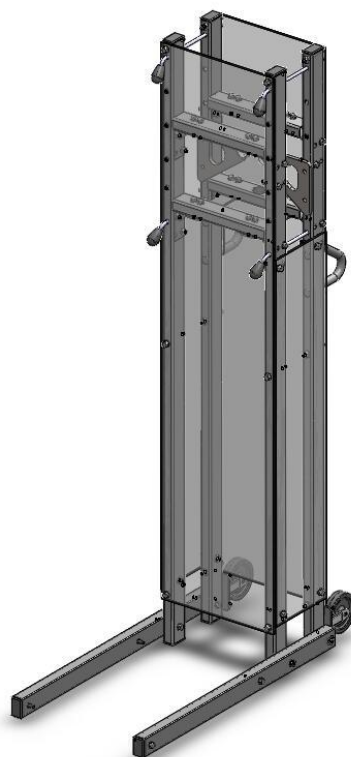
Ovakvo konceptualno rješenje zadovoljava sve konstrukcijske i ine zahtjeve za sjedalo sprave. Antropometrijski je maksimalno prilagodljivo, omogućuje pravilan inicijalni položaj za početak pokreta i mogućnosti ozlijeda smanjuje na minimum.

9.4.2 Sustav prijenosa opterećenja

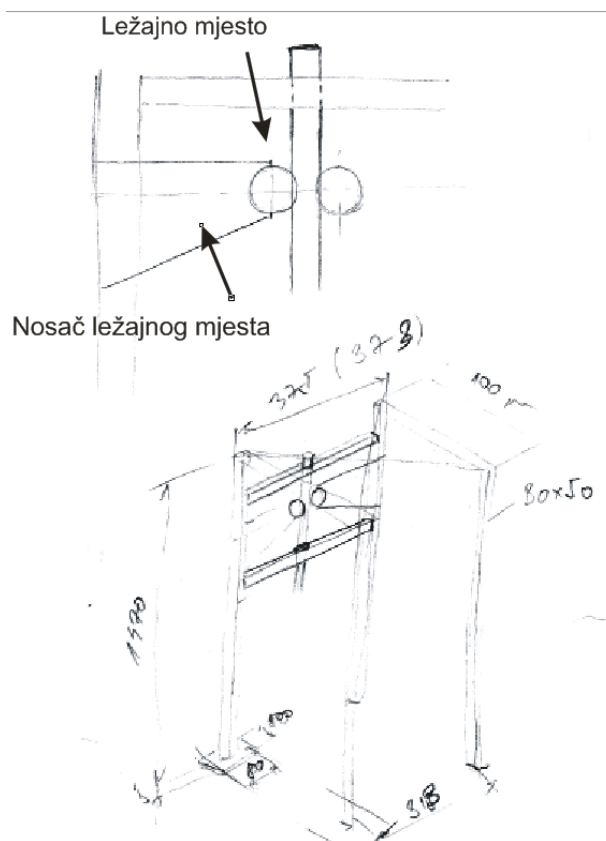
Sustav prijenosa opterećenja (slika 9.11) se sastoji od tri cjeline. Prva cjelina je kavezna nosiva konstrukcija (slika 9.12) čija je glavna uloga nošenje ležajnih mjesta u koje su uležišteni zupčanici, kao što je grubo prikazano slikom 9.13. Kavezna se konstrukcija sastoji od četiri vertikalna profila, čija je funkcija između ostalog i postizanje željene visine poluga sustava za prijenos opterećenja, od dva nosača ležajnog mjesta i od nekoliko poprečnih profila koji služe kao ukruta samog kaveza. Dva poprečna profila na stražnjoj strani kaveza osim što imaju funkciju ukrute, također služe vođenju zupčaste letve o čemu će biti riječi malo kasnije. Kavezna se konstrukcija sa sjedalom spaja vijcima preko „vilice“ u podnožju kavezne konstrukcije, vidljive na slikama 9.11 i 9.12. Radi lakšeg premještanja sprave na kaveznu su konstrukciju ugrađeni kotačići i ručke prikazani na slici 9.14, odnosno 9.15.



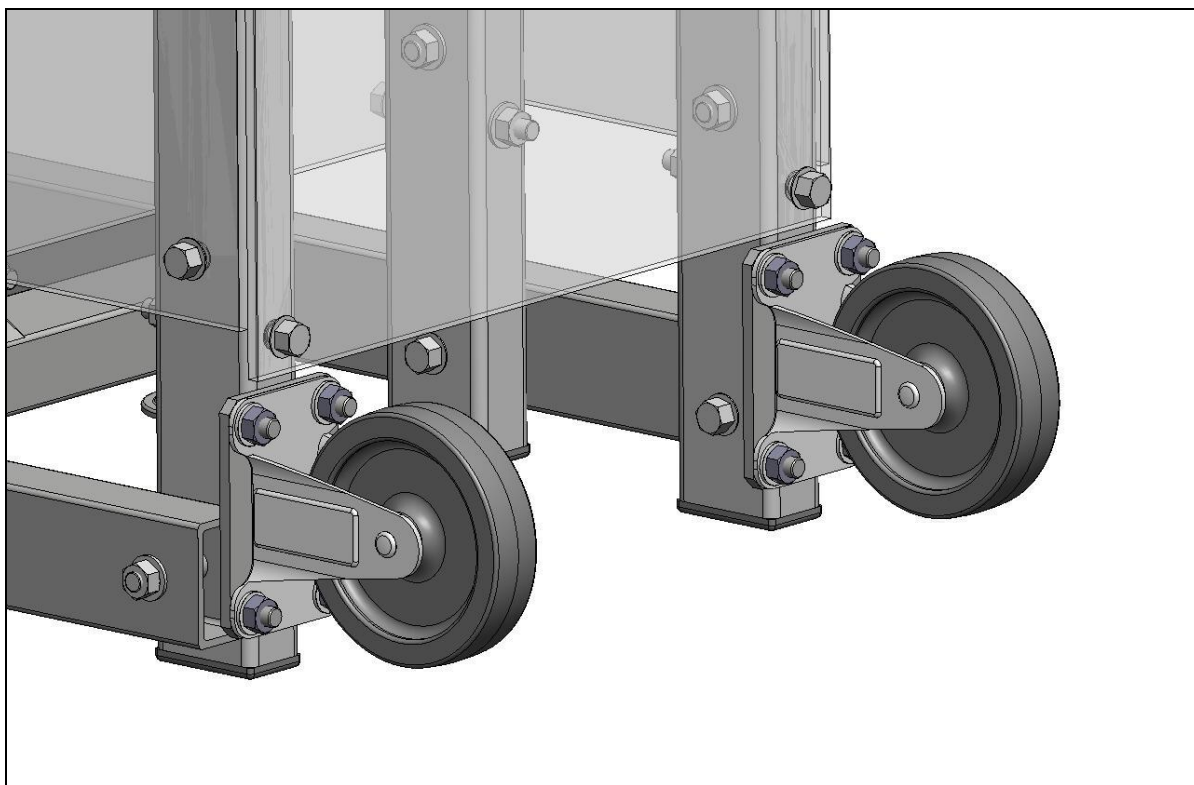
Slika 9.11 sustav prijenosa opterećenja



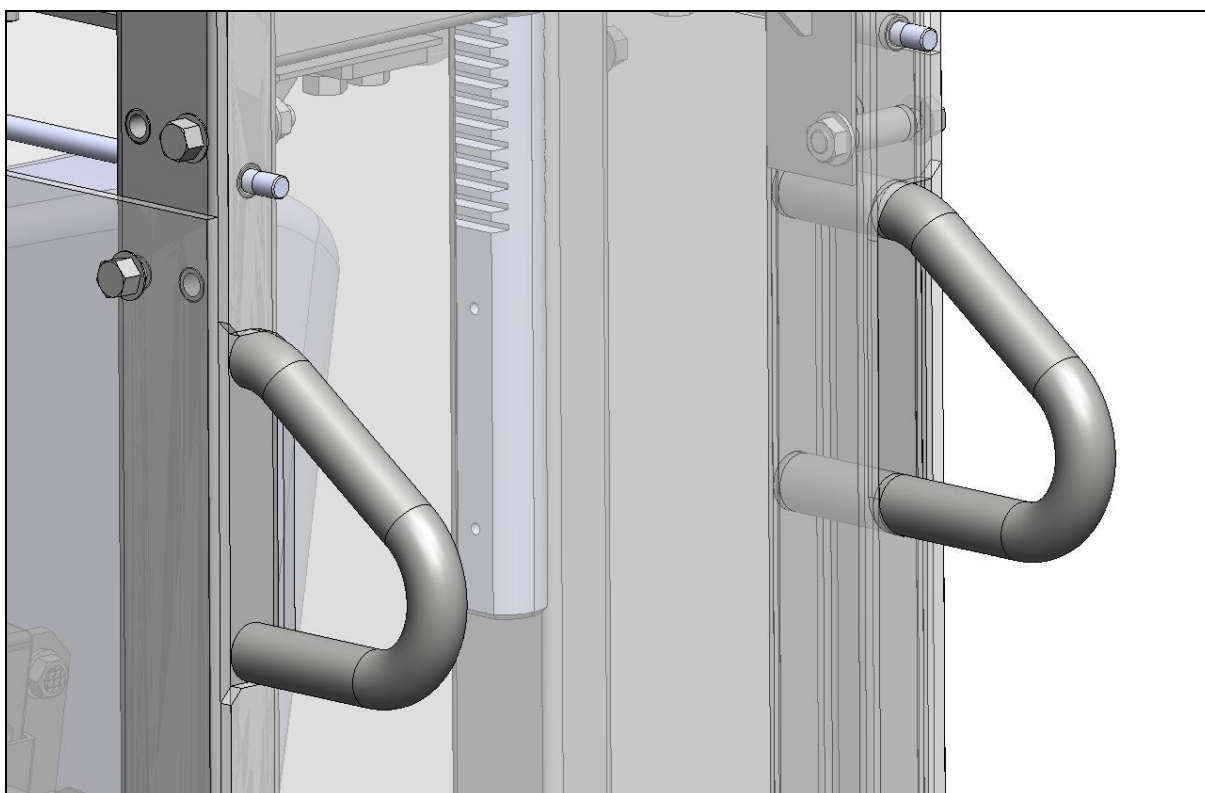
Slika 9.12 Kavezna nosiva konstrukcija



Slika 9.13 Skica smještaja ležajnog mjesta u kaveznoj konstrukciji

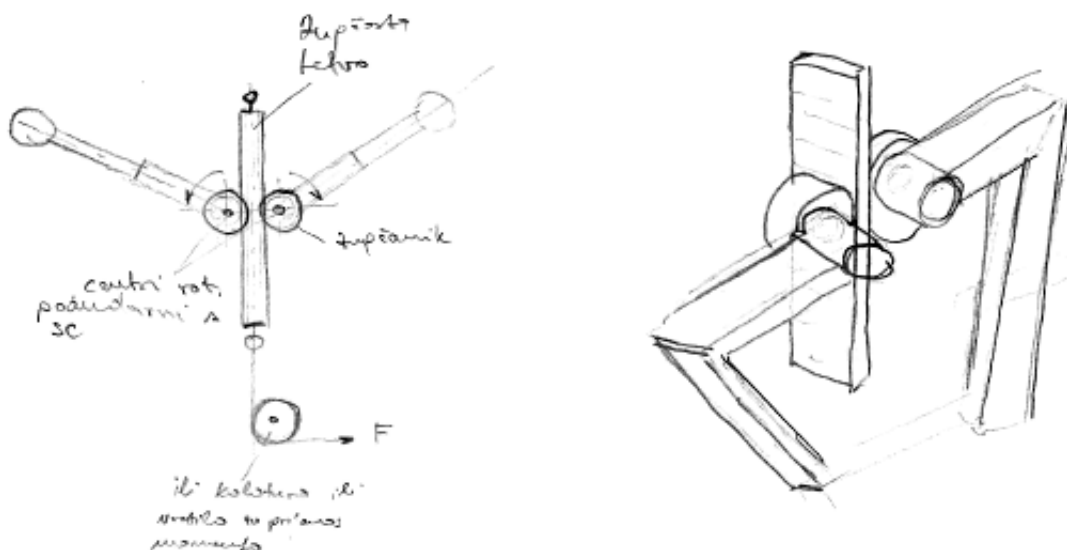


Slika 9.14 Kotačići na kaveznoj konstrukciji



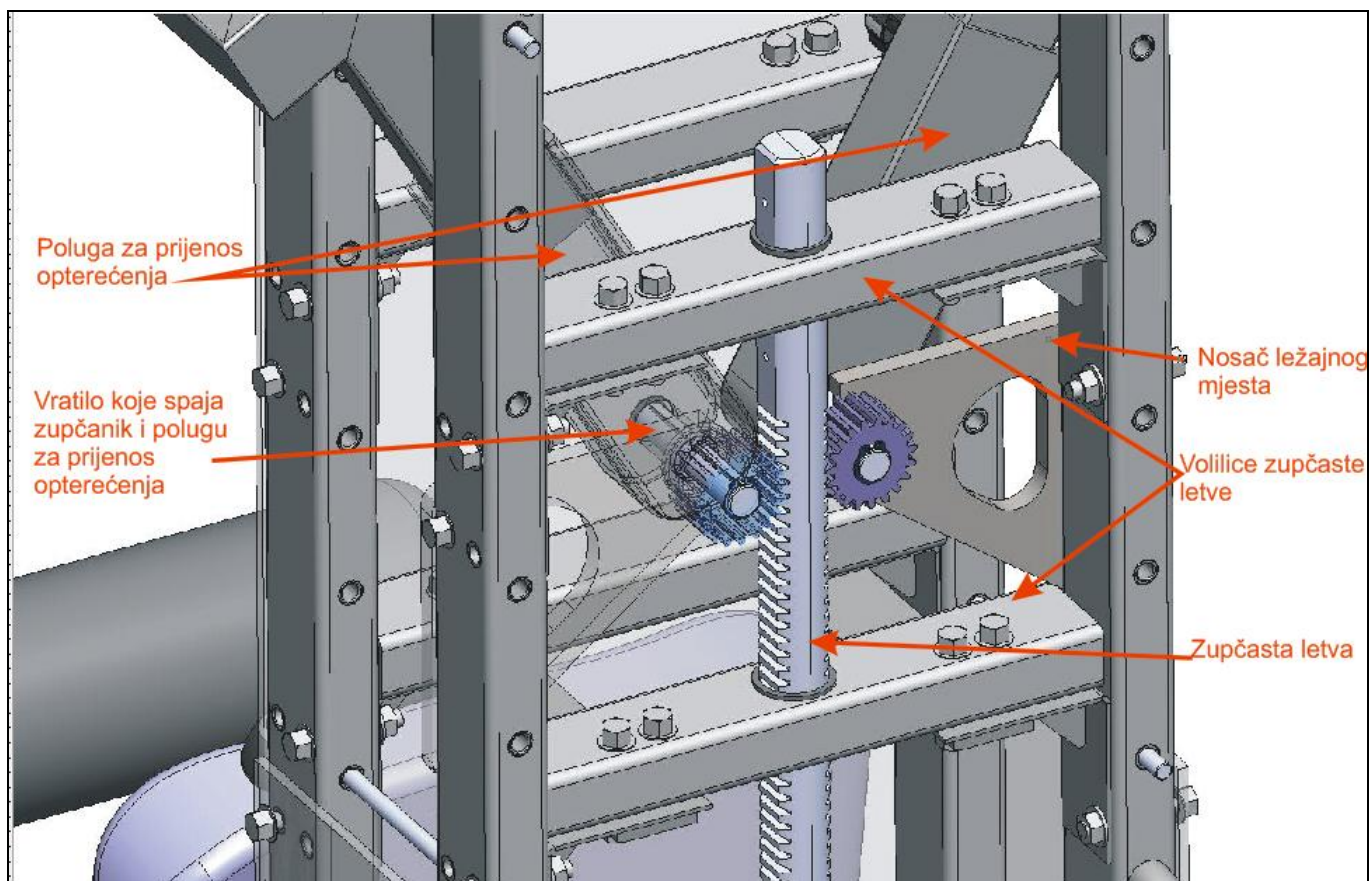
Slika 9.15 Ručke na kaveznoj konstrukciji

Budući da je radi pojednostavljenja i pojeftinjenja konstrukcije koncept zamišljen tako da se vježba izvodi simultano sa obje ruke, bilo je potrebno osmisliti način koji bi omogućio postojanje jednog sustava opterećenja za obje ruke. Tu dolazimo do druge cjeline koju čine zupčanici i zupčasta letva (slika 9.16). Zupčanici su postavljeni na istoj visini, tako da što je moguće bolje simuliraju skapuloklavikularni zglob, koji je kod podizanja i spuštanja ruke, kako je i ranije navedeno, „prvi“ centar rotacije te je kao takav ostao osnova za razvitak koncepta.



Slika 9.16 Skica rješenja opterećenja obje ruke jednim izvorom opterećenja

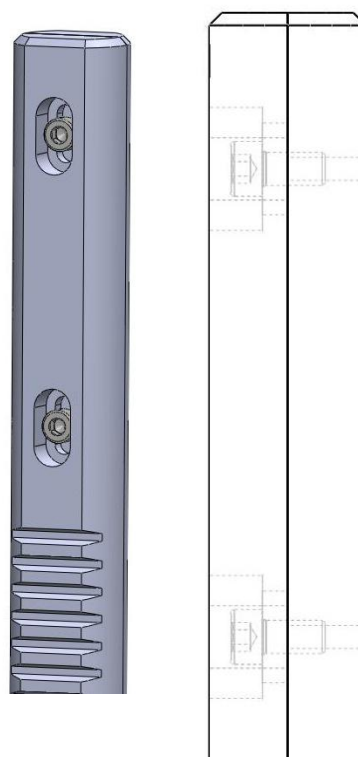
Zupčanik je preko zupčaste letve spojen s opterećenjem koje dolazi izvan sustava (slika 9.17). Sama zupčasta letva radi lakšeg umetanja i ispravljanja nesavršenosti nastalih tokom izrade je izvedena iz dva vertikalno podesiva komada (slike 9.18 i 9.19). Zupčasta letva je vertikalno postavljena i jedini pomak joj je vertikalni. Budući da se nalazi između dva zupčanika i nije nigdje pričvršćena potrebne su vodilice koje će ju pri pomicanju držati na mjestu. Vodilice su izvedene koristeći se horizontalnom ukrutom kavezne konstrukcije. Tj. dva poprečna profila na stražnjoj strani kavezne konstrukcije imaju provrt koji služi kao vodilica zupčastoj letvi. U provrt je radi što boljih kliznih svojstava uložen teflonska košuljica, a sama je zupčasta letva na krajevima zaobljena u kružnicu koja promjerom odgovara promjeru teflonske košuljice umetnute u provrt na poprečnoj ukruti, što je detaljno prikazano na slici 9.17.



Slika 9.17 Zupčanici, zupčasta letva i poluge za prijenos opterećenja

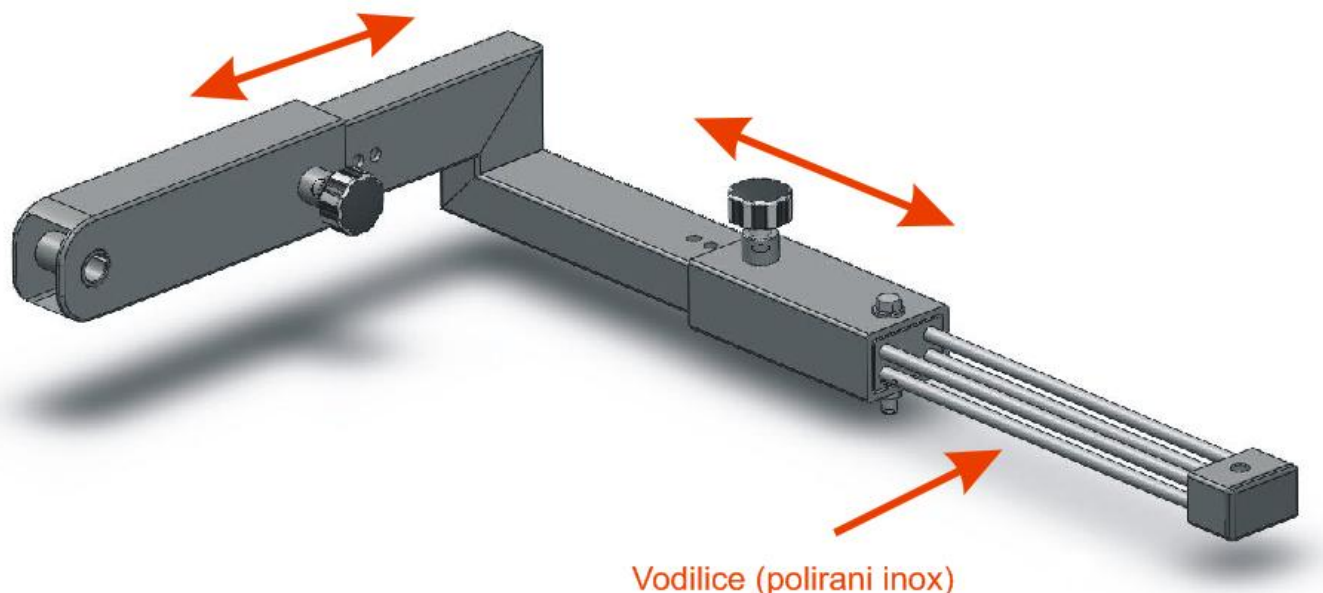


Slika 9.18 Zupčasta letva



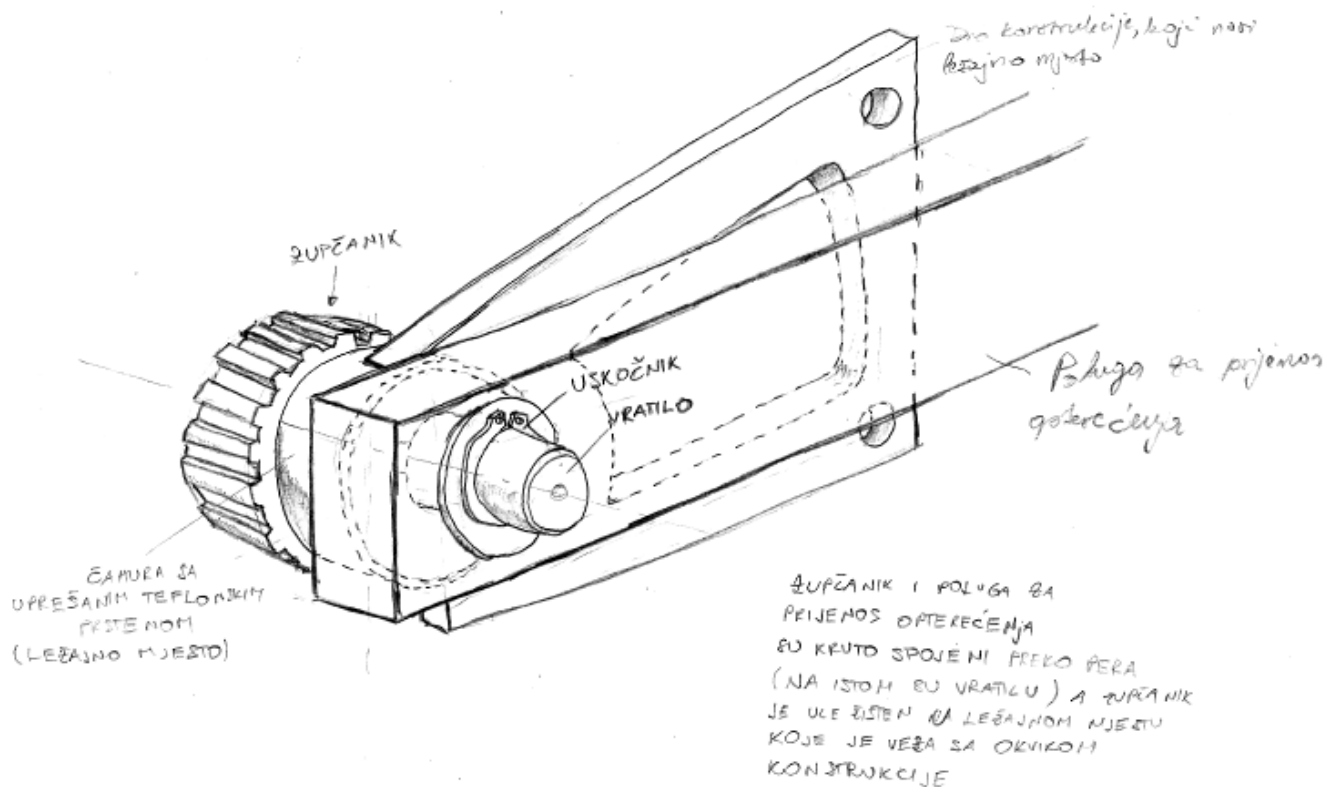
Slika 9.19 Zupčasta letva: detalj spajanja

Konačno, treća cjelina sustava za prijenos opterećenja je poluga za prijenos opterećenja (slika 9.20). Poluga za prijenos opterećenja je preko vratila spojena na zupčanik i zupčastu letvu koja dovodi opterećenje u sustav te je poluga veza između opterećenja i korisnika (slike 9.21 i 9.22). Poluga za prijenos opterećenja je podesiva duž dvije osi u horizontalnoj ravnini kao što prikazuje slika 9.20. Na taj način zadovoljava antropometrijske zahtjeve populacije od prvog do devedeset i devetog percentila. Poluga za prijenos opterećenja ima vodilice za kliznu površinu na koju naliježe nadlaktica korisnika o kojoj će biti riječi u zasebnom poglavlju. Podloga na koju nadlaktica korisnika naliježe je prvo sučelje između korisnika i stroja. Radi variranja pokreta nadlaktice u sagitalnoj ravnini, što može biti posljedica nedovoljno razvijene muskulature korisnika ili anatomskih ograničenja pokreta uslijed građe lokomotornog aparata, bitno je da tokom pokreta naležna površina kao osnovno sučelje korisnika i sprave može klizati u sagitalnoj ravnini. Kod nekoga će taj pomak biti relativno mali, ali kod nekoga relativno velik. Kod korisnika kojima je variranje pokreta u sagitalnoj ravnini jače izraženo, poluga za prijenos opterećenja koja nema mogućnost klizanja u sagitalnoj ravnini može pri vježbanju uzrokovati više štete nego koristi.

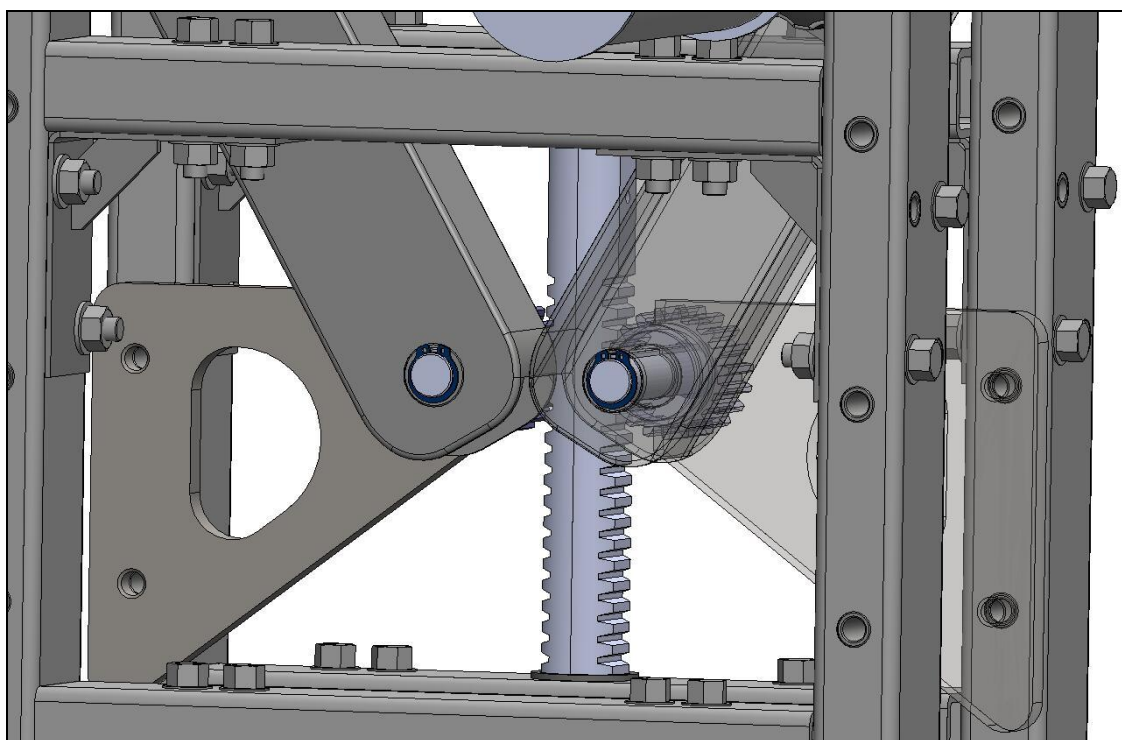


Slika 9.20 Poluga za prijenos opterećenja

Kako je ranije prikazano slikom 4.16 pokret u ramenu ima svoja ograničenja. Što zbog građe ramenog kompleksa, što zbog ograničenja muskulature i odgovarajućih ligamenata preko kojih se mišići spajaju na kosti, pokret je bitno izvoditi u određenim granicama koje ne dostižu niti minimum niti maksimum amplitude pokreta. Radi poštivanja tih ograničenja uređaj mora imati sustav ograničenja amplitude pokreta koji će izravno djelovati na kut zakreta poluge za prijenos opterećenja. Na taj će način ruka korisnika postići onaj inicijalni kut potreban da sila koju mišić mora generirati kako bi stvorio moment u zglobu ne bude teoretski toliko velika da ošteti ligamente mišića. Ograničenje amplitude pokreta je postignuto jednostavnim graničnicima koji kroz provrte na vertikalnim profilima kavezne konstrukcije sustava za prijenos opterećenja onemogućuju polugama za prijenos opterećenja pokrete izvan željene amplitude pokreta. U poglavlju 4.2 shematski je prikazan m. latissimus dorsi i njegovo djelovanje na nadlakticu i rame te je rečeno da tijelo posjeduje logiku efikasnosti, tj. fiziološku logiku racionalizacije. Iz tog će razloga m. latissimus dorsi ovisno o položaju nadlaktice rezultantu svih sila koje njegove regije generiraju svojom kontrakcijom optimirati na način da ona djeluje što okomitije na nadlakticu.

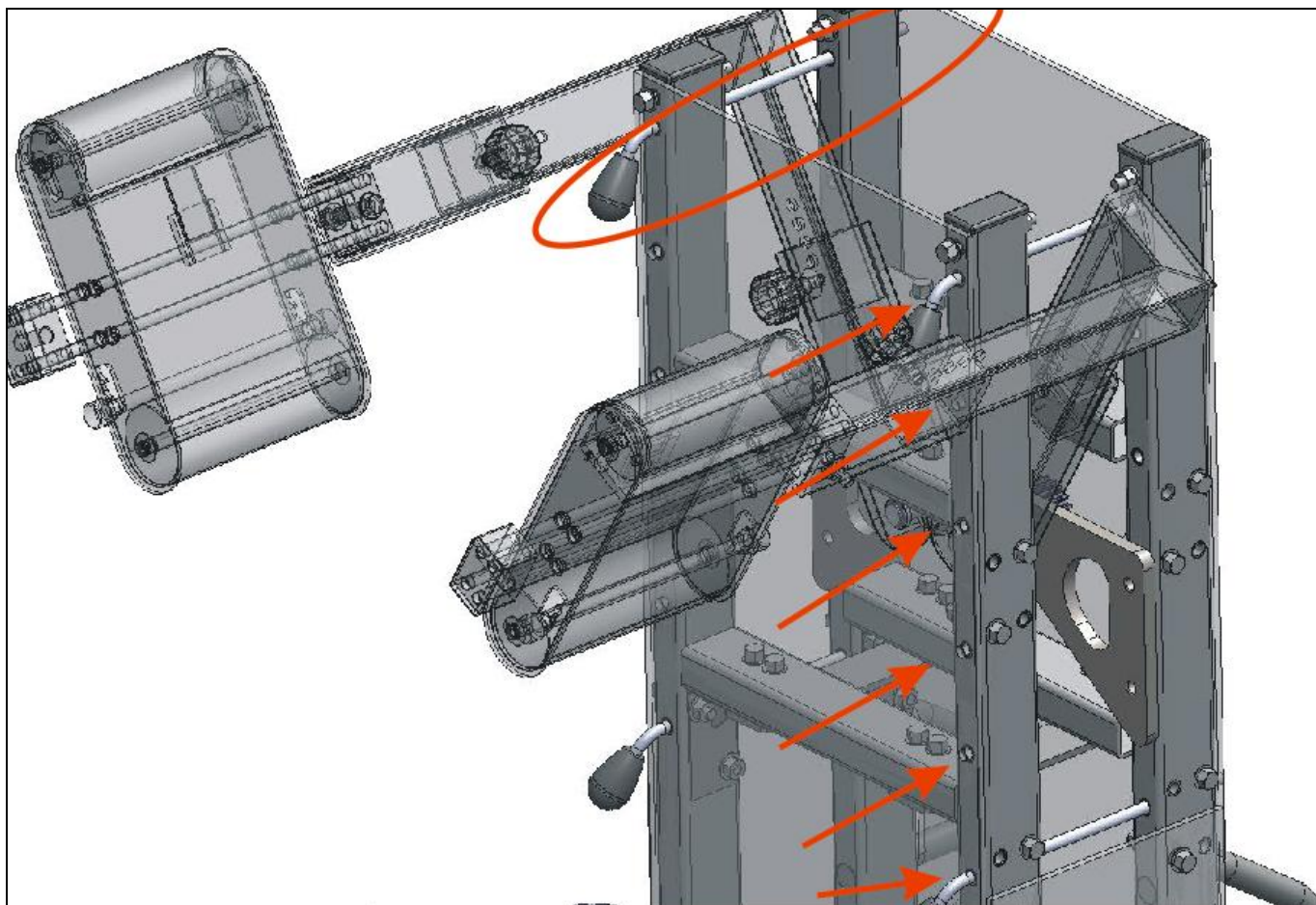


Slika 9.21 Skica zamisli uležištenja zupčanika i spoja sa polugom za prijenos opterećenja



Slika 9.22 Konceptualno rješenje spoja poluge za prijenos opterećenja na zupčanic

Poznavajući takvo svojstvo ove mišićne grupe možemo zaključiti da pravilnim podešavanjem inicijalnog položaja prije početka pokreta možemo svjesno djelovati na određenu regiju ovog širokog, lepezasto razapetog mišića. Iz tog su razloga graničnici amplitude pokreta prikazani na slici 9.23 smješteni na način da položajem doslovce blokiraju polugu za prijenos opterećenja iznad ili ispod željene pozicije, a mijenjanjem položaja graničnika kroz provrte na vertikalnom profilu kavezne konstrukcije sustava za prijenos opterećenja, na slici 9.23 označene crvenim strelicama, određujemo na koju će regiju mišića rezultanta kontrakcije sila u mišiću biti usmjerena i koja će regija u tom trenu biti najpodraženija. Podjela graničnika, radi preciznijeg doziranja amplitude pokreta i preciznijeg određivanja jačanja željene regije mišića, može biti i gušća u odnosu na konceptualno rješenje.

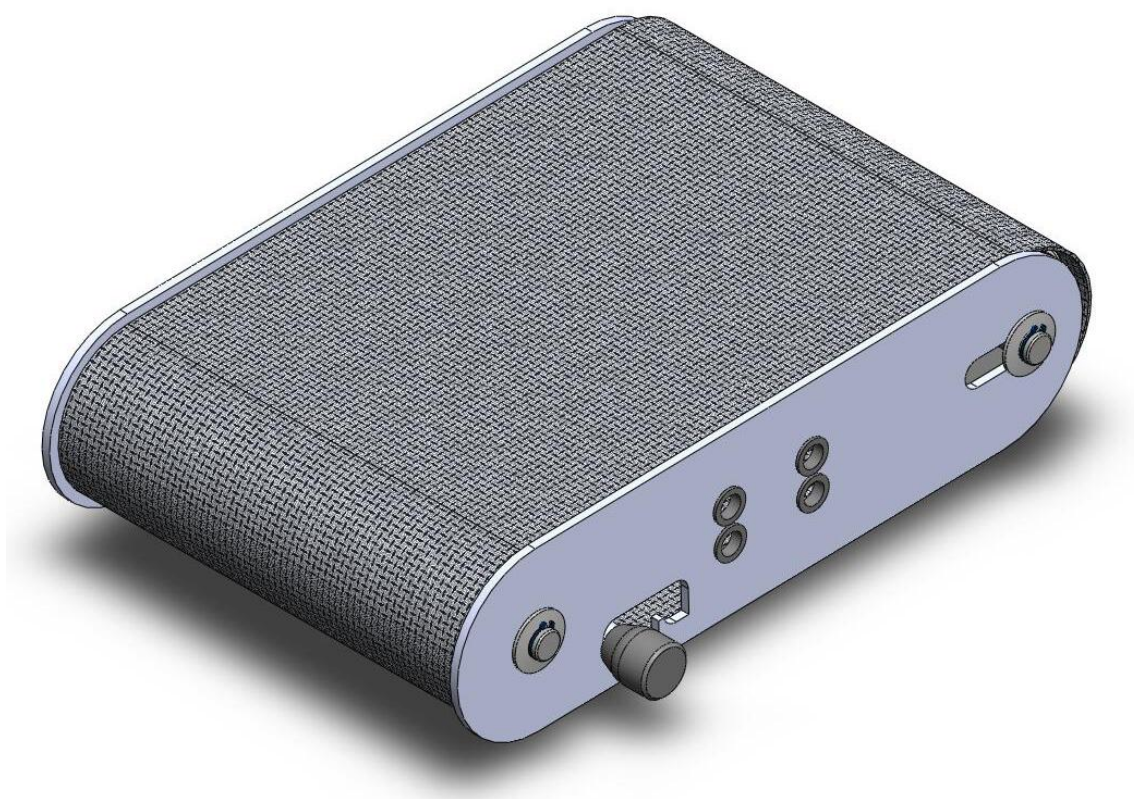


Slika 9.23 Graničnik amplitude pokreta i utori u koje se smješta

Ovime pregled sustava prijenosa opterećenja završava. Ovakvo konceptualno rješenje ovog dijela sprava za jačanje mišićne grupe latissimus dorsi zadovoljava sve tehničke i antropometrijske zahtjeve. Zbog svoje je jednostavne konstrukcije relativno jeftino za proizvodnju, sklapanje i korištenje, te je zbog vođenja računa o ograničenju amplitude pokreta također i sigurno za korištenje te su potencijalne ozlijeđe prilikom korištenja ovakvim konceptom svedene na minimum.

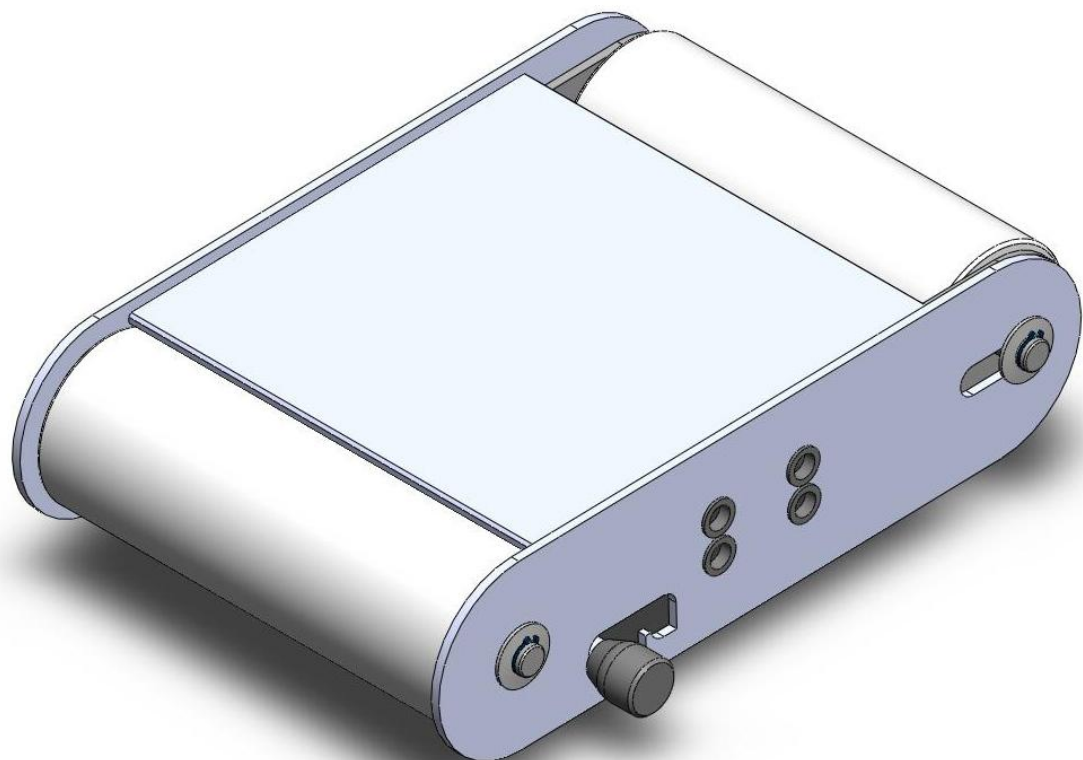
9.4.3 „Konvejer“

Iako je fizički dio sustava za prijenos opterećenja, konvejer (slika 9.24) je sustav sam za sebe pa je izdvojen u zasebno poglavlje. Prije svega bitno je pozvati se na poglavlje 4.3 „Trajektorija nadlaktice“ i slike 4.16 i 4.17 koje prikazuju da trajektorija iste točke nadlaktice niti u jednom trenu nije kružnica već krivulja sa tri centra rotacije. Također u istom je poglavlju rečeno da je osim računalne simulacije proveden eksperiment uživo. Zanimljivost eksperimenta uživo, koji je služio isključivo kao potvrda rezultata dobivenih računalno, je u tome da su se krivulje dobivene od ženskih i muških ispitanika razlikovale tako što je krivulja kod žena pri otklonu ruke od 90° u odnosu na trup pokazivala značajno veće vrijednosti u odnosu na muške ispitanike, te je također prikazivala značajne razlike u odnosu na vrijednost pri približno 0° i 180° u odnosu na koje su opet bile više. Za razliku od ženskih ispitanika, kod muških je, unatoč tome što krivulja niti u jednom trenu nije bila kružnica, pokazivala znatno manja odstupanja nego u slučaju kod ženskih ispitanika. Razlog tome je naravno razlika u anatomske građi muškaraca i žena. To dovodi do zaključka da je teško osmisliti spravu koji bi idealno funkcionirala i za muškarca i za ženu. U idealnom slučaju sprava bi se trebala razvijati posebno za svaki spol. Budući da je takvo rješenje ekonomski neisplativo, dio sustava za prijenos opterećenja koji dolazi u kontakt sa korisnikom mora barem aproksimirati trajektoriju točke nadlaktice te svakako osigurati stalan kontakt nadlaktice i sprave. Iz tog se razloga rješenje ovog djela sprave u obliku konvejera po kojem nadlaktica može klizati pokazalo kao najbolje te je razrađeno.



Slika 9.24 Konvejer

Konvejer se sastoji od metalnog kućišta, dva valjka, od kojih je jedan pomični, zatezača pomičnog valjka i tekstilne trake koja klizi po konvejeru (slike 9.24 – 9.27). Na slici 9.25 je prikazan konvejer bez tekstilne trake. Gornja ploča metalnog kućišta vidljiva na slici 9.25 je „ravni oslonac“ iz morfološke matrice koji omogućava prihvat nadlaktice i koja dimenzijski odgovara ideji da ruka tokom pokreta po njoj kliže čime se dobiva mali koeficijent trenja između tekstilne trake i gornje ploče koja može biti npr. polirani inox kao i same vodilice po kojima konvejer kliže na poluzi za prijenos opterećenja.

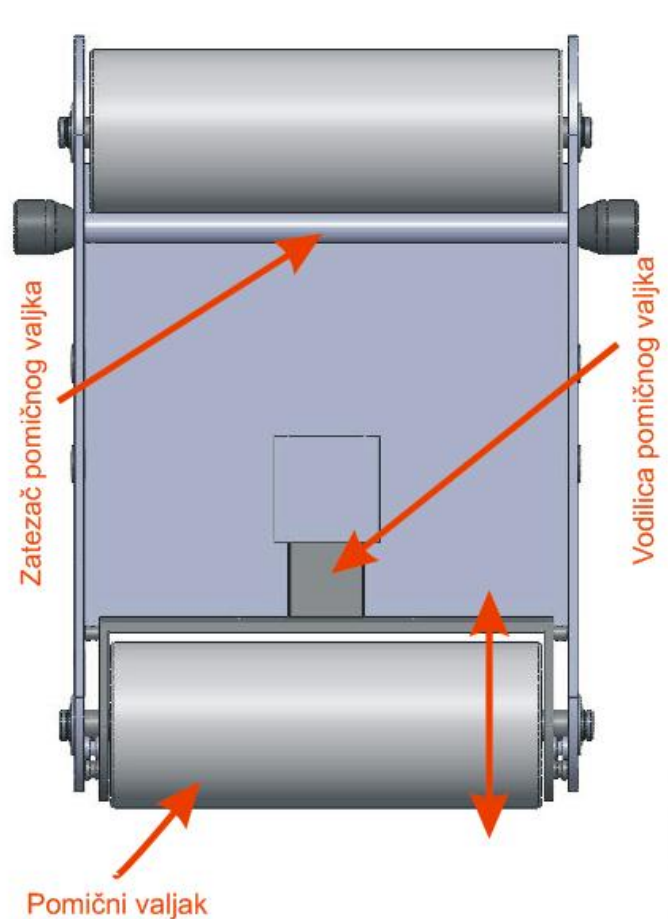


Slika 9.25 Konvejer bez tekstilne trake

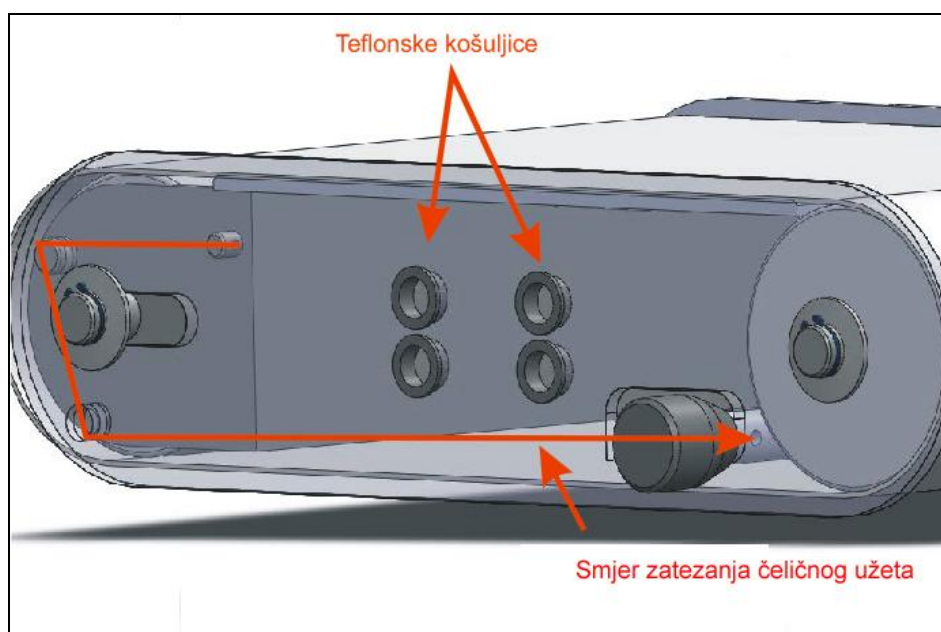
Sama konstrukcija konvejera oblikom i rješenjem podsjeća na električnu tračnu brusilicu za drvo. Kao i električna tračna brusilica, radi lakšeg umetanja ili uklanjanja tkanine prilikom njene promjene, jedan od valjaka je smješten u kućištu koje se preko jednostavnog mehanizma poluge zatezača i čeličnog užeta pomiče duž vodilica na gornjoj ploči, a prorezi na stranicama konvejera osiguravaju slobodan pomak pomičnog kućišta valjka pri njegovom podešavanju (slika 9.26). Stranice konvejera su nešto više od gornje ploče kako tkanina uslijed pritiska ruke ne bi ispadala. Na slici 9.27 je shematski prikazani smjer kretanja čeličnog užeta i način zatezanja tekstilne trake, tj, pomicanja pomičnog valjka.

Stranice konvejera imaju četiri provrta u koje su umetnute teflonske košuljice, kroz koje prolaze vodilice po kojima konvejer klizi u sagitalnoj ravnini.

Konvejer se ne može dodatno podešavati prema antropomjerama korisnika, ali je dimenzijski dovoljno velik da tokom cijelog opsega pokreta osigura stalan kontakt i stalan prijenos opterećenja sa sprave na nadlakticu korisnika, što je njegov glavni cilj. S te strane njegovo tehničko rješenje zadovoljava tehničke zahtjeve zadane nakon inicijalnih analiza.

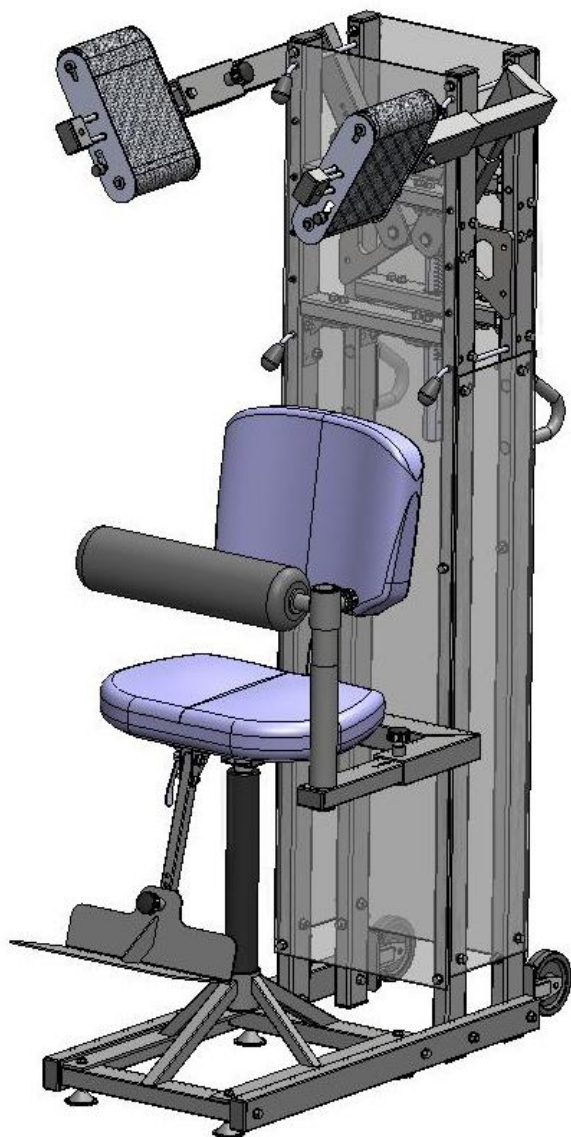


Slika 9. 26 Konvejer, pogled odozdo

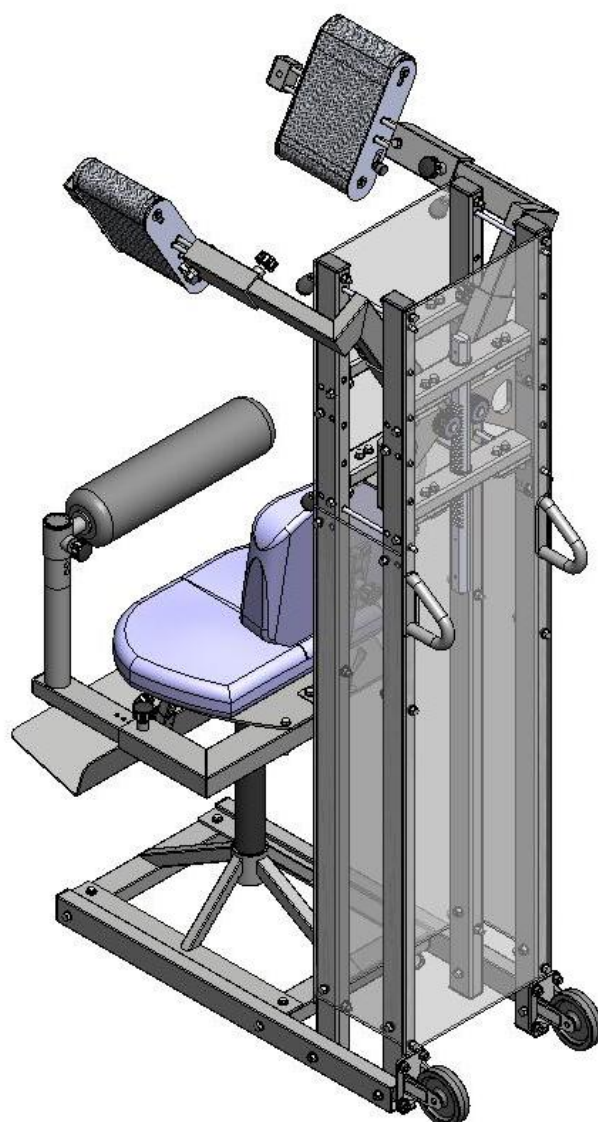


Slika 9.27 Shematski prikaz smjera zatezanja čeličnog užeta

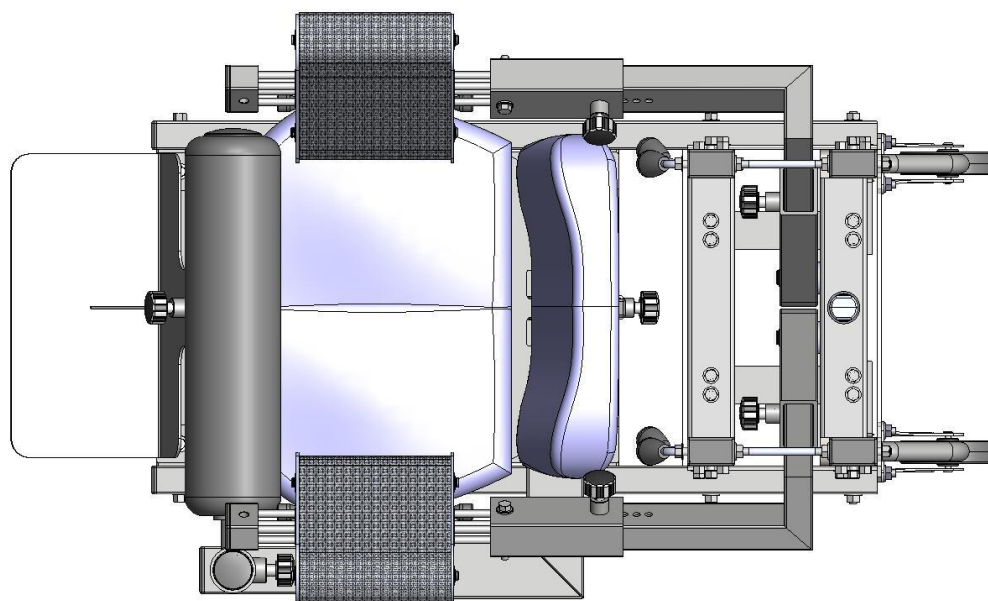
9.4.4 Konačan izgled konceptualnog rješenja



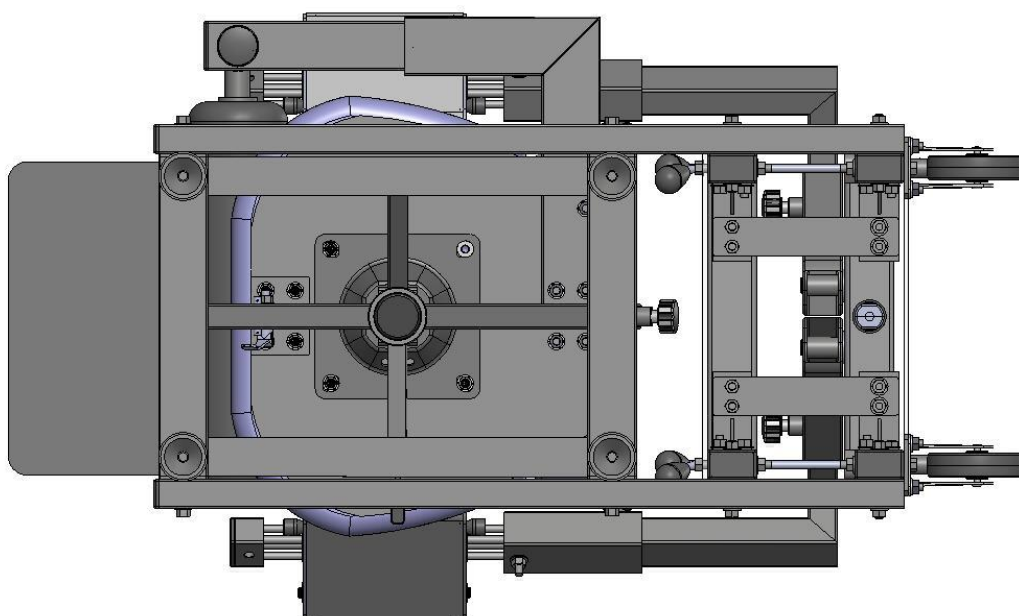
Slika 9.28. Konačan izgled sprave: izometrijski prikaz od naprijed



9.29 Konačan izgled sprave: izometrijski prikaz od iza



Slika 9.30 Pogled odozgo

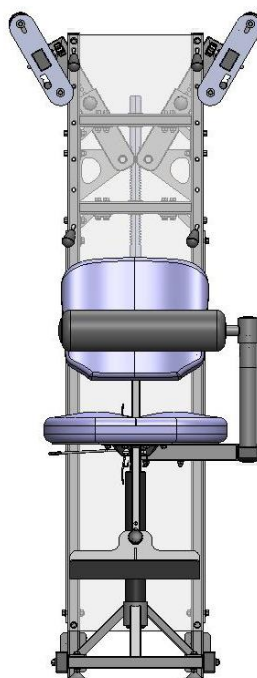


Slika 9.31 Pogled odozdo

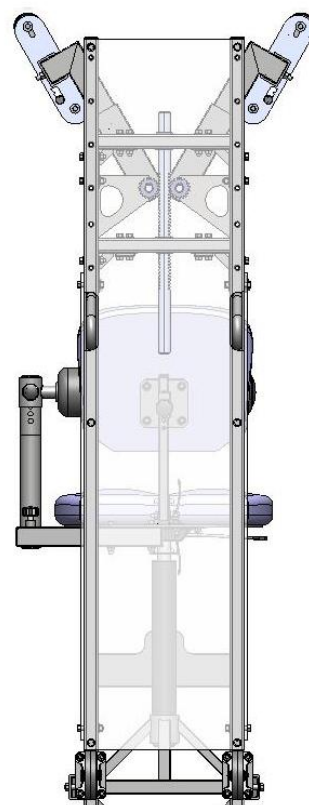


Slika 9.31 Pogled sastrane

Slika 9.32 Pogled od naprijed



Slika 9.33 Pogled od iza



10. Zaključak

Ljudsko tijelo uvijek nastoji optimizirati. Zbog toga u jednom pokretu sudjeluje više mišića. Tako svaki agonist ima puno sinergista i tijelo kad god ima priliku uključuje što je moguće više mišića velikog poprečnog presjeka kako bi dobili na intenzitetu pokreta i kako bi dobili rasterećenje malih mišićnih grupa koji bi mogli biti izloženi umoru. Stoga nepovoljan učinak drugih sinergista, kod kojih dolazi do zasićenja ranije nego kod glavne mišićne grupe, treba minimizirati. Također treba pratiti prirodnu logiku aktivacije i kontrakcije muskulature koja pokušava stvoriti što veći moment oko zgloba te time generira pokret.

Ako se uvodi pretpostavka da je to mišićna grupa koja ne uvjetuje pokret, nego mu samo omogućuje intenzitet, onda je jako važno koliko je ona kondicionirana. Također je bitno i na koji način. Jer se nepovoljan utjecaj sinergista mora u što većoj mjeri smanjiti, ali se pri tome ne smije narušiti prirodan muskulaturni sklad u tijelu.

Uobičajene sprave za jačanje mišićne grupe latissimus dorsi nisu u potpunosti prilagođene načinu izvođenja vježbi koje bi isključile negativan utjecaj sinergističkih mišićnih skupina. Da bi se osmislila sprava koja tokom izvođenja pokreta umanjuje utjecaj sinergista na najmanju moguću mjeru provedeno je upoznavanje sa funkcionalnom anatomijom mišićne skupine latissimus dorsi i njenih sinergista te je provedena biomehanička analiza pokreta ramenog kompleksa.

Biomehaničkom analizom i kombiniranjem tehničkih rješenja podjedinih podsustava sprave dobiveno je konceptualno rješenje sprave koja omogućuje rasterćenje mišića koji sprječavaju da m. latissimus dorsi dobije svoju ulogu u punom intenzitetu. Sprava je u potpunosti prilagodljiva antropomjerama širokog kruga korisnika, jednostavna za korištenje te je osmišljena na način koji pojavu ozljeda svodi na minimum. Dobiveno je konceptualno rješenje u skladu sa zakonitostima tehnologičnog oblikovanja. Konceptualno rješenje sprave je ekonomski prihvatljivo i zadovoljava sve tehničke zahtjeve i zahtjeve, dobivene biomehaničkom analizom, koje mora ispunjavati u odnosu na tijelo korisnika.

Budući da je eksperimentalno dokazano da krivulja po kojoj se kreće određena točka nadlaktice niti u jednom trenu nije kružnica, već krivulja sa tri centra rotacije, posebna je pažnja pridodana sustavu za prijenos opterećenja sa sprave na korisnika. Sustav prijenosa opterećenja treba tokom cijele amplitude pokreta pratiti točku nadlaktice koja je u kontaktu sa sustavom. Drugim riječima, točka nadlaktice koja u odnosu na centar rotacije ovisno o trenutnom kutu ruke u odnosu na trup mijenja udaljenost, mora tokom cijele amplitude pokreta biti u kontaktu sa sustavom prijenosa opterećenja. To je ostvareno konstrukcijom poluge za prijenos opterećenja i konvejerom sa pomičnom taktilnom površinom. Uz to što konvejer sa pomičnom taktilnom površinom omogućuje da je željena točka nadlaktice u konstantnom kontaktu sa podlogom, u kombinaciji sa polugom za prijenos opterećenja također omogućuje pokret u sagitalnoj ravnini što umanjuje pojavu negativnih efekata vježbe, utjecaj mišića sinergista umanjuje na minimum, a da pri tome ne narušuje sklad muskulature, te aktivnost ciljane mišićne grupe u odnosu na sinergiste dovodi do krajnje mjere.

Literatura

- [1] Douglas Gibson, <http://www.youtube.com/watch?v=PbOCK-caRro>
- [2] Krmpotić Nemančić J., Anatomija čovjeka, Medicinska naklada, Zagreb, 2004.
- [3] Oatis C.A., Kinesiology: The mechanics and pathomechanics of human movement, Lippincott, Williams & Wilkins, Philadelphia, USA, 2004
- [4] Delavier F., Strength training anatomy second edition, Human Kinetics, 2003.
- [5] Wikipedija, <http://en.wikipedia.org>
- [6] Jukić I., Marković G., Kondicijske vježbe s utezima, Kineziološki fakultet sveučilišta u Zagrebu, Zagreb, 2005.
- [7] Decker K.H., Elementi strojeva, Tehnika knjiga, Zagreb, 1980.
- [8] Opalić M., Prijenosnici snage i gibanja, Hrvatsko društvo za elemente strojeva i konstrukcije, Zagreb, 1998.
- [9] <http://muscle.ucsd.edu/musintro/ma.shtml>
- [10] http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1413-5552007000100009&script=sci_arttext&tlng=en
- [11] <http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/SurfaceAnatomy/SUAupper/ShoulderGirdle.htm>
- [12] <http://www.londonortho.co.uk/private/STJD.htm>
- [13] <http://www.abcbodybuilding.com/anatomy/shouldersanatomy1.htm>
- [14] <http://www.pt.ntu.edu.tw/hmchai/Kinesiology/>
- [15] <http://www.med.umich.edu/>
- [16] <http://hubio553.biostr.washington.edu/lectures/lec4.htm>
- [17] <http://www.pitt.edu/~super1/lecture/lec2691/index.htm>